



**CLÁUDIA MARINA
BARBOSA SENRA
LOPES**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA MATRIZ
AMILOPROTEICA FORMATÁVEL CONTENDO
FRUTA**



**CLÁUDIA MARINA
BARBOSA SENRA
LOPES**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA MATRIZ
AMILOPROTEICA FORMATÁVEL CONTENDO FRUTA**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Bioquímica, Ramo Alimentar, realizada sob a orientação científica do Doutor Jorge Saraiva, Professor do Departamento de Química da Universidade de Aveiro e Professor Doutor Domingos Almeida, Director de Inovação e Desenvolvimento da Frulact S.A.

Dedico este trabalho aos meus pais e irmãs pelo apoio na realização da tese de mestrado como também por todo o apoio e confiança dedicados ao longo de todo o meu percurso pessoal e profissional.

o júri

presidente

Prof. Doutor Manuel António Coimbra Rodrigues da Silva

professor associado com agregação do Departamento de Química da Universidade de Aveiro

Prof. Doutora Ana Maria Pissarra Coelho Gil

professora associada com agregação do Departamento de Química da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Domingos Paulo Ferreira de Almeida

professor associado da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto e Director de Inovação e Desenvolvimento da Frulact S.A.

Prof. Doutor Jorge Manuel Alexandre Saraiva

Investigador auxiliar do Departamento de Química da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Agradeço à Frulact pelo acolhimento na realização do estágio curricular, em especial ao Professor Doutor Domingos Almeida, pela orientação em todo o trabalho. À universidade de Aveiro pela oportunidade e acompanhamento na realização desta dissertação. Agradeço também à Cerealis pelo fornecimento de matéria-prima e oportunidade de realização do ensaio industrial, em especial à Eng^a Cláudia Teixeira Lopes e ao Eng^o José Oliveira por todo o apoio. Por fim, um agradecimento à Dr^a Ana Oliveira da Escola Superior de Biotecnologia pelas análises da actividade antioxidante

palavras-chave

Desenvolvimento de novos produtos, fruta, sêmola de trigo duro, massas alimentícias

resumo

O desenvolvimento de novos produtos é uma necessidade permanente da indústria alimentar. Neste trabalho, desenvolvido na empresa Frulact, procurou-se dar resposta ao desafio de desenvolver um produto inovador na área de preparados de fruta. Desenvolveu-se um preparado formatável contendo fruta tendo como base a tecnologia das massas alimentícias. Testou-se a incorporação de fruta desidratada e de fruta no estado líquido em diferentes concentrações e avaliaram-se alguns parâmetros de qualidade das matrizes finais. Posteriormente, incorporaram-se as matrizes contendo fruta em fluidos compostos por hidrocolóides, que serviram de veículo para a sua aplicação em iogurtes, gelados e pastelaria, testando-se a introdução de aditivos e outros ingredientes nestes preparados.

Após a optimização deste produto, fez-se um estudo da composição nutricional e das características físico-químicas das matrizes contendo 20, 50 e 80% de morango desidratado em comparação com a massa alimentícia sem morango adicionado. Avaliou-se a cor superficial, a cor da água de cozedura, a adesividade e a firmeza, capacidade de hidratação de cada massa e a perda de sólidos durante a cozedura.

Demonstrou-se a possibilidade de produzir matrizes amiloproteicas de sêmola de trigo duro contendo até 80% de fruta desidratada e 60% de fruta no estado líquido. Os produtos finais com elevado teor de fruta mantiveram a sua estabilidade física e organoléptica quer em iogurtes e derivados, gelados e pastelaria durante o período de validade dos mesmos. Foi assim possível desenvolver uma larga gama de produtos com diferentes frutas em diferentes percentagens.

keywords

New products development, fruit, durum wheat semolina

abstract

The development of new products is crucial in the food industry. The purpose of this work developed at Frulact, was to try to obtain a novel and innovative product in the area of fruit preparations. A preparation that contained fruit incorporated in pasta was developed, being tested the incorporation of dehydrated and liquid fruits, at different concentrations. The quality of the final matrices was also evaluated.

The fruit containing matrices were incorporated in hydrocolloids fluids, which served as vehicle for their application in yogurts, ice-creams and pastry. It is also important to mention that the introduction of additives and other ingredients in these preparations were also tested.

After the optimization of these product was completed, a nutritional characterization was performed, as well as a study of its physical and chemical characteristics, for dehydrated strawberry matrices of 20, 50 and 80 %, compared with the dough without the strawberry. It was evaluated the superficial colour, the colour obtained in the water in which it was boiled, the stickness and firmness, the capacity of each dough to retain water and the leaching of solids during the boiling process.

It is demonstrated the possibility of obtaining amiloprotein matrices of durum wheat semolina containing up to 80% of dehydrated fruit and 60% of liquid fruit. The final products with high levels of fruit maintained their physical stability and their organoleptic stability during their shelf-life period, whether it was used in yogurts and derivatives, or in ice-creams and pastry. It was so possible to develop a wide number of products with different types of fruits in different percentages.

Índice

1- INTRODUÇÃO GERAL	6
2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1. Constituição das massas alimentícias	9
2.2. Composição química da sêmola	11
2.2.1 Amido.....	11
2.2.2 Proteínas	12
2.3 Enriquecimento nutricional e alterações na constituição de massas alimentícias	14
2.3.1 Fibras.....	15
2.3.2 Farinha de frutos e vegetais.....	16
2.3.3 Leguminosas.....	17
2.3.4 Algas.....	18
2.3.5 Outros ingredientes	19
2.4 Processo de elaboração das massas alimentícias	20
2.4.1 Alterações bioquímicas induzidas pelo processamento	25
2.5 Objectivo.....	26
3- MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1 Estratégia de desenvolvimento experimental	28
3.2 Ensaio preliminares na formulação das massas	31
3.2.1 Quantidade e estado da fruta	31
3.2.2 Frutos desidratados.....	32
3.2.3 Tipo e quantidade de farinha.....	33
3.2.4 Teste com o glúten	33
3.2.5 Avaliação do estado de incorporação das massas no preparado	34
3.3 Propriedades físico-químicas	34
3.3.1 Elaboração das massas secas.....	34
3.3.2 Preparação da amostra.....	35
3.3.3 Determinação do teor de humidade.....	35
3.3.4 Determinação do teor de cinzas	35
3.3.5 Determinação do teor de proteína	35
3.3.6 Determinação do teor de fibra (fibra insolúvel)	36
3.3.7 Determinação do teor de fibra alimentar.....	36

3.3.8	Determinação do teor de açúcares.....	36
3.3.9	Determinação do teor de hidratos de carbono.....	37
3.3.10	Determinação do teor de gordura.....	37
3.3.11	Determinação do teor de amido	37
3.3.12	Análise dos compostos fenólicos totais.....	37
3.3.13	Análise das antocianinas totais.....	37
3.3.14	Análise da actividade antioxidante.....	38
3.3.15	Cálculo do valor energético.....	38
3.3.16	Análise da cor superficial.....	39
3.3.17	Avaliação da adesividade e firmeza	39
3.4	Propriedades de cozedura	39
3.4.1	Entrada de água e perda de sólidos na cozedura	39
3.4.2	Análise da cor da água de cozedura	40
3.4.3	Análise estatística.....	40
4-	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1	Ensaio preliminares	41
4.1.1	Quantidade e estado da fruta	41
4.1.2	Definição de diferentes frutos desidratados a incorporar.....	43
4.1.3	Tipo e quantidade de farinha.....	44
4.1.4	Teste com o glúten	46
4.1.5	Avaliação do estado de incorporação das massas no preparado	46
4.2	Composição nutricional	48
4.2.1	Proteína.....	50
4.2.2	Amido.....	51
4.2.3	Lípidos.....	51
4.2.4	Humidade	52
4.2.5	Fibras alimentares	53
4.2.6	Antocianinas.....	54
4.2.7	Polifenóis totais.....	54
4.2.8	Actividade antioxidante	55
4.3	Cor das massas secas	56
4.4	Efeito da cozedura na textura, absorção de água, sólidos perdidos e cor da água	57
4.4.1	Firmeza.....	59

4.4.2 Adesividade.....	61
4.4.3 Sólidos perdidos na cozedura.....	62
4.4.4 Absorção de água pela massa.....	64
4.4.5 Análise da cor da água de cozedura	65
4.5 Teste industrial.....	67
5- CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS	68
6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
7- ANEXOS.....	77
7.1 Análise de produtos análogos no mercado.....	77
7.2 Curva de calibração para análise de compostos fenólicos totais e actividade antioxidante.....	79

Índice de Figuras

Figura 1. Imagem de SEM dos grânulos de amido na matriz proteica (Prabhasankar <i>et al.</i> , 2007).....	14
Figura 2. Imagem de SEM de uma mistura de sêmola de trigo duro com água (Petitot <i>et al.</i> , 2009).....	21
Figura 3. Imagem de SEM de uma massa fresca após processo de extrusão (adaptada de Petitot <i>et al.</i> , 2009).	22
Figura 4. Imagem de SEM de uma massa seca a 85°C (Petitot <i>et al.</i> , 2009).....	23
Figura 5. Imagem de massa cozida, as proteínas são coradas a verde e os grânulos de amido a azul, cozedura durante a) 5 minutos; b) 13 minutos; c) 20 minutos (adaptado de Cunin <i>et al.</i> , 1995).	24
Figura 6. Esquematização do procedimento experimental.	30
Figura 7. Imagem de uma massa com 80% de alperce do lote 2, moldada em forma de estrela e incorporada num preparado com aroma de baunilha.	43
Figura 8. Imagem de uma matriz de morango e glúten, moldada em forma de estrela..	46
Figura 9. Número de iogurtes em embalagem bicompartimentada lançados desde 1996 (innova database).	78
Figura 10. Curva de calibração utilizando o ácido gálico para determinação do teor de compostos fenólicos totais.	79
Figura 11. Curva de calibração para análise da actividade antioxidante.	80

Índice de Quadros

Quadro 1. Composição química da sêmola de trigo duro (Souci <i>et al.</i> , 2008).....	11
Quadro 2. Exemplo de uma formulação de preparado para incorporação das massas de fruta.....	31
Quadro 3. Características das massas elaboradas com morango desidratado, concentrado de polpa de morango e concentrado de sumo de morango.....	42
Quadro 4. Características de textura de massas com sêmola de trigo duro, farinha de arroz e farinha de trigo.....	45
Quadro 5. Características de textura de massas com 20% de morango incorporadas no estado fresco, sujeitas a pré-hidratação ou pré-cozedura.	48
Quadro 6. Conteúdo (g/100g) de fibras alimentares, humidade, cinza total, hidratos de carbono, proteína, fibra alimentar, gordura, amido, açúcares totais e valor energético de massas sem morango desidratado, 20, 50, 80 de morango desidratado e da amostra de pó de morango <i>per se</i> (100%).	49
Quadro 7. Valores de luminosidade (L*), tonalidade (h°) e croma (C*) da superfície de massas secas sem morango e com 20, 50 e 80% de morango desidratado.....	56
Quadro 8. Firmeza, adesividade, absorção de água e perda de sólidos durante a cozedura de massas sem morango e com 20, 50 e 80% de morango, cozidas durante 1,5 minutos.	58
Quadro 9. Firmeza, adesividade, absorção de água e perda de sólidos durante a cozedura de massas sem morango e com 20, 50, e 80% de morango desidratado, cozidas durante 5 minutos.	59
Quadro 10. Luminosidade (L*), tonalidade (h°) e croma (C*) da água de cozedura.....	66
Quadro 11. Pesquisa do innova database, produtos análogos	77

1- INTRODUÇÃO GERAL

A inovação é um factor crítico de sucesso para as empresas. A inovação pode estar presente na introdução de um produto, novo método de produção, abertura de um novo mercado, conquista de uma nova fonte de oferta de matérias-primas e estabelecimento de uma nova organização para o negócio. Até no marketing a inovação tem um papel importante pela implementação de uma nova estratégia de marketing, alteração de design de embalagem ou nova política de preço. Na última década, a inovação passou a ser reconhecida como factor essencial para a competitividade das empresas e também fundamental como estratégia de crescimento, havendo assim correlação entre a inovação, a capacidade empreendedora e o desenvolvimento económico, produtividade e desempenho, a fim de a organização se adaptar e sobreviver num mercado cada vez mais competitivo.

O objectivo deste trabalho foi desenvolver um preparado com fruta que pudesse ser formatado ou moldado em diferentes formatos, pretendendo-se um elevado teor de fruta, de forma a que o produto final se aproximasse da fruta a nível físico e organoléptico e fosse estável ao longo do tempo na sua aplicação final.

Pretendia-se que o produto pudesse ser moldado ou formatado em formas variáveis tais como: esferas, estrelas, animais e letras. Em termos de Marketing, objectivou-se que o produto fosse direccionado para um público-alvo infantil. Porque, tal como os adultos, as crianças também demonstram hábitos de consumo significativos, desde cedo se familiarizam com questões como marca e qualidade, influenciando os pais na hora de compra de produtos e valorizando a marca dos produtos, levando a fidelização precoce da mesma.

Este novo produto deverá ainda ter uma formulação que não prejudique o valor nutricional da fruta, para poder constituir uma forma de consumo de fruta saudável e divertida, compatível com uma estratégia de melhoria da qualidade nutricional dos lanches e outros alimentos, numa altura em que a obesidade e outras doenças nutricionais relacionadas com ausência de uma alimentação saudável afectam uma grande percentagem da população (Laurier *et al.*, 1992).

Uma das vias de concretização do objectivo deste trabalho seria o recurso a hidrocolóides gelificantes com aplicação na indústria alimentar, tais como alginato, pectinas de baixo grau de metoxilação e carragenano para a formatação de fruta (Gililov *et al.*, 2003, Grizzoto *et al.*, 2007 e Manuni *et al.*, 2000). No entanto, já existem

soluções patenteadas que recorrem a algumas destas possibilidades (Pat.Nac.103529, Pat.Nac.104978, Pat.Nac.104449). Assim, optou-se pela utilização de uma matriz viscoelástica de glúten e amido para a formatação da fruta, sendo que estas formas de fruta podem ser destinadas a ser utilizadas directamente ou incorporadas em alimentos diversos, nomeadamente lacticínios e derivados, pastelaria ou gelados através da inclusão numa segunda matriz de hidrocolóides que serve de veículo para a sua aplicação. Assim, testou-se a incorporação de diferentes quantidades de fruta na matriz de glúten constituinte da sêmola de trigo duro, e a formatação de fruta numa solução de glúten, testando-se também o recurso à farinha de arroz para formatar a fruta. Esta ideia deu origem a um pedido de nacional, registado no INPI como pedido de Patente de Invenção Nacional n.º 105482, este pedido encontra-se em fase de avaliação.

Para a concretização deste desafio, recorreu-se às potencialidades tecnológicas do glúten presente na sêmola de trigo e ao processo de produção das massas alimentícias para a incorporação de fruta. Assim, enriqueceram-se as massas alimentícias com uma elevada quantidade de fruta em diferentes estados, de diferentes variedades, para que as massas finais possuissem sabor e textura próximas da fruta. Acrescenta-se ainda que, foi feito um estudo comparativo de massas sem morango e com 20, 50 e 80% de morango desidratado, estudando-se a cor da superfície das massas, cor da água de cozedura das massas cozidas durante 1,5 e 5 minutos, bem como a adesividade, firmeza, capacidade de hidratação e perda de sólidos durante a cozedura.

O trabalho experimental foi desenvolvido no Departamento de Inovação da Frulact – Indústria Agro-alimentar, S.A. A Frulact é um grupo empresarial que actua desde 1987 na concepção, desenvolvimento e produção de preparados de fruta para aplicação na indústria alimentar nas áreas de lacticínios, gelados, pastelaria e bebidas, actuando nos mercados industriais e recentemente nos mercados de consumo. A Frulact opera actualmente seis fábricas, das quais três localizadas em Portugal (Maia, Tortosendo e Ferro) e uma em cada uma dos seguintes países: Argélia, Marrocos e França. A empresa dispõe de um parque industrial moderno com as tecnologias e as infra-estruturas técnicas adequadas, tendo demonstrado competência para o desenvolvimento de projectos e sendo conhecedores das exigências e procedimentos de mercado onde actuam, empenhando-se fortemente nos compromissos com a inovação.

A presente dissertação encontra-se dividida em quatro partes. Inicia-se por uma revisão bibliográfica onde se discute a importância das massas alimentícias na alimentação, descrevem-se os seus constituintes, aborda-se a incorporação de novos

ingredientes para melhoria nutricional, como legumes, frutos, fibras alimentares, especiarias e outros ingredientes, caracteriza-se a estrutura físico-química bem como o processo de elaboração das massas, e as alterações na estrutura desta durante o processo de elaboração. Na segunda parte do relatório é descrita a metodologia experimental a que se recorreu para a concretização dos objectivos do trabalho e todos os métodos analíticos. Na terceira parte apresentam-se, analisam-se e interpretam-se os resultados. Por fim, na última parte do trabalho apresentam-se breves conclusões e perspectivas de futuros trabalhos sugeridos para a continuação deste projecto.

2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Demonstrada a possibilidade de desenvolver um produto formatável contendo fruta através do recurso à tecnologia das massas alimentícias, justifica-se rever as principais características das matérias-primas utilizadas no fabrico das massas, a tecnologia de produção e as propriedades dos produtos finais. As massas alimentícias entraram na alimentação há muitos séculos e existe sobre elas uma enorme quantidade de conhecimento empírico, científico, técnico e popular que permite orientar o desenvolvimento de novos produtos.

As massas alimentícias terão surgido na China, embora haja indícios da utilização de massas em Itália na civilização Etrusca. As primeiras informações referentes às massas surgiram em 1279 em Itália, com a expressão: “bariscella plena da macaroni”. No século XVI, o fabrico de massas passou rapidamente de Itália para França e para o resto da Europa. Na produção artesanal, a massa era moldada manualmente e extrudida com uma prensa manual, sendo posteriormente colocada a secar ao sol. Em 1800, apareceram em Itália os primeiros equipamentos mecânicos e apenas em 1934 apareceu o primeiro sistema completamente automatizado para a produção de massas alimentícias (Fuad *et al.*, 2010). No essencial, a tecnologia de produção de massas alimentícias está definida desde esta data.

2.1. Constituição das massas alimentícias

As massas alimentícias são tradicionalmente fabricadas a partir de sêmola de trigo duro. A domesticação do trigo ocorreu na região do médio oriente, há cerca de 10 000 anos atrás na Revolução Neolítica, sendo que as primeiras formas cultivadas eram diplóides e tetraplóides. As relações genéticas indicam que as formas cultivadas foram originadas a partir do sul-oriental da Turquia, e que o cultivo se estendeu ao Médio Oriente há cerca de 9000 anos atrás, altura em que surgiu o pão de trigo hexaplóide (Shewry *et al.*, 2009). Cerca de 95% do trigo actualmente cultivado no Mundo é hexaplóide sendo o restante trigo duro tetraplóide. Algumas espécies de trigo de uso menor, como *einkorn*, *emmer*, *espelta* são ainda cultivadas em algumas regiões como a Espanha e Turquia. Apesar da sua origem ser recente, o trigo mostra elevada

diversidade genética permitindo o desenvolvimento de 25 000 cultivares diferentes (Shewry *et al.*, 2009).

Historicamente o trigo foi o primeiro produto agrícola utilizado no processamento de alimentos. O trigo é um cereal pertencente à família *Poacea* e ao género *Triticum*, possuindo diversas espécies. A espécie utilizada para a produção de sêmola é o *Triticum durum*, enquanto a espécie utilizada para a produção de farinha é o *Triticum aestivum*. O grão de trigo duro é constituído pelo pericarpo que corresponde a cerca de 14% do grão e a semente. O pericarpo corresponde à parte mais externa do grão sendo este constituído por seis camadas: epiderme, hipoderme, células finas, intermediárias, cruzadas e tubulares.

Quimicamente, o amido é o principal constituinte do grão de trigo, estando presente em quantidades que variam entre 70 e 75%; quanto aos restantes constituintes, o teor de água compreende valores de 10%, o teor de cinzas encontra-se nos 2%, o teor de proteína pode variar entre 10,7 e 12,7%. Ainda em relação à constituição química, sabe-se que o teor de polissacarídeos não-amiláceos é de aproximadamente 2% e correspondendo também ao mesmo teor de lípidos. A constituição química afecta as propriedades do trigo, sendo que o conteúdo e composição das proteínas, afecta em particular a força do glúten, sendo importantes na qualidade das massas alimentícias. Também a gelatinização do amido e formação da rede proteica, afectam a textura e qualidade das massas alimentícias (Fuad *et al.*, 2010).

A nível funcional, o trigo duro (*Triticum durum*) possui algumas características únicas que o tornam ideal para o fabrico das massas alimentícias, como elevado conteúdo de pigmentos carotenóides amarelos, baixa actividade da lipoxigenase e elevado conteúdo proteico (Aalami *et al.*, 2007).

A sêmola de trigo duro é proveniente do endosperma da cariopse (Bergman, 2004). O uso desta como ingrediente base na constituição de massas alimentícias deve-se ao facto de esta possuir fortes propriedades viscoelásticas devido ao seu elevado conteúdo de glúten comparativamente a farinhas de trigo mole ou de outros cereais. Para obter melhor qualidade das massas, a sêmola deve possuir, para além de um elevado teor de glúten, uma cor amarela, granulometria uniforme e teor de humidade de 13,5 a 14,5% (Resmi *et al.*, 1983). Outras propriedades desta matéria-prima passam pela resistência à ruptura e tolerância à cozedura, que permite que resulte em massas com elevada absorção de água e o mínimo de perda de sólidos durante a cozedura, com textura forte, flexível e seca. A massa final deve ser estável durante o armazenamento,

ter superfície lisa, ser clara e de cor amarelada. A cor amarela desejável nas massas nem sempre se deve a um maior teor de pigmentos mas a reduzida actividade da lipoxigenase (Resmi *et al.*, 1983).

Para se compreender a importância da sêmola de trigo duro interessa conhecer a constituição química da sêmola e perceber as propriedades viscoelásticas desta matriz amiloproteica.

2.2. Composição química da sêmola

A sêmola de trigo duro trata-se de uma matriz maioritariamente constituída por amido e proteínas. O Quadro 1 apresenta a composição detalhada da sêmola de trigo duro.

Quadro 1. Composição química da sêmola de trigo duro (Souci *et al.*, 2008).

Componentes	Conteúdo (g/100g)
Hidratos de carbono (g)	69,00
Água (g)	13,10
Proteína (g)	9,56
Total de fibra dietética (g)	7,12
Fibra dietética insolúvel (g)	4,95
Fibra dietética solúvel (g)	2,17
Açúcares não-redutores (g)	1,53
Gordura (g)	0,79
Minerais (g)	0,47
Açúcares redutores (g)	0,32
Potássio (g)	0,11
Cloro (g)	0,09
Nicotinamida (g)	0,01
Ferro (g)	0,01
Sódio (µg)	1000
Ferro (µg)	1000
Vitamina B1 (µg)	120
Vitamina B6 (µg)	85
Vitamina B2 (µg)	38
Iodo (µg)	5,1

2.2.1 Amido

O amido de trigo duro é composto por grânulos esféricos do tipo B de diâmetro de 2-3 mm e grânulos tipo A de diâmetro próximo de 30 µm (Kokini *et al.*, 1992). Este

polissacarídeo é composto basicamente por dois tipos de macromoléculas: a amilose e a amilopectina com massas moleculares que variam de 150 a 600 kDa e de 1 a 6000 kDa, respectivamente. Este amido é constituído por cerca de 26% de amilose e 74% de amilopectina. A amilopectina é composta por cadeias interligadas de 25 a 29 unidades de glucose cada, possui uma estrutura ramificada, com ligações glicosídicas $\alpha(1\rightarrow4)$ e $\alpha(1\rightarrow6)$. A amilose é essencialmente linear e é formada por unidades de D-glucose ligadas por ligações $\alpha(1\rightarrow4)$ (Cunin *et al.*, 1995).

Os grânulos de amido quando submetidos a temperaturas superiores a 50 °C na presença de água absorvem água e produzem uma suspensão coloidal, podendo ocorrer a ruptura das ligações da amilopectina por dissociação das pontes de hidrogénio e libertação da amilose, resultando numa perda de biorrefringência, formando-se assim uma rede tridimensional. Este fenómeno denomina-se gelatinização do amido. Genericamente, a gelatinização do amido ocorre durante a cozedura das massas envolvendo duas etapas: a absorção de água dos grânulos de amido resultando num aumento do volume dos grânulos e dissolução da amilose na água. Ocorre em seguida, o depósito de uma camada espessa de amilose nos grânulos de amido gelatinizados (Kokini *et al.*, 1992).

2.2.2 Proteínas

As proteínas da sêmola de trigo duro podem ser classificadas em quatro classes de acordo com a sua solubilidade: albuminas, globulinas, gliadinas e gluteninas. As albuminas são proteínas solúveis em água; as globulinas, que são as proteínas solúveis em solução salina; as gliadinas, que são extraídas em solução aquosa de etanol; e as gluteninas, que são solúveis em solução ácida diluída. Relativamente à proporção em que estas são encontradas na sêmola de trigo duro, as gliadinas e as gluteninas representam cerca de 80% das proteínas desta matéria-prima e apenas 20% das proteínas correspondem às classes das albuminas e globulinas (Schofield *et al.*, 1986).

As gliadinas e as gluteninas são as proteínas que assumem maior relevância nas propriedades tecnológicas da sêmola de trigo duro. Estas macromoléculas formam uma rede proteica designada de glúten que confere as propriedades viscoelásticas características desta “matriz amiloproteica” (Schofield *et al.*, 1986).

As gliadinas são proteínas monoméricas heterogêneas que são separadas em grupos por electroforese a baixo pH. Estas proteínas têm uma massa molecular entre 15 e 60 kDa e apresentam um baixo teor de aminoácidos com carga eléctrica. Por ordem crescente de mobilidade ordenam-se em: ω -gliadinas, pobres em grupos S, γ -gliadinas, β -gliadinas e α -gliadinas, que são ricas em grupos S com ligações dissulfureto intramoleculares. Estas proteínas são responsáveis pelas propriedades de ductibilidade e coesividade do glúten (Shewry *et al.*, 2002).

As gluteninas consistem em polímeros de elevada massa molecular, 60 a 10000 kDa que são estabilizadas por ligações dissulfureto intermoleculares. Com base na sua mobilidade em SDS-PAGE, os monómeros simples são classificados em dois grupos: as subunidades de elevado peso molecular (HMW-GS) e as subunidades de baixo peso molecular (LMW-GS) (Shewry *et al.*, 2002). Para o alongamento dos polímeros de glutenina é necessária a presença de dois resíduos de cisteína capazes de formar ligações dissulfureto intermoleculares. Desta forma, o número de resíduos de cisteína e a sua posição na sequência de subunidade de glutenina afectam a força do glúten. Assim, a resistência do glúten é estabelecida pela formação de uma rede elástica pela interacção das gluteninas com as gliadinas por forças não-covalentes, principalmente ligações de hidrogénio (Trocchi *et al.*, 2000).

As proteínas do glúten são sintetizadas nos ribossomas contíguos ao retículo endoplasmático e passam para o lúmen pela clivagem do terminal-N de um péptido sinalizador. A formação das ligações dissulfureto ocorre no interior do lúmen. As proteínas do glúten são depositadas no desenvolvimento das células do endosperma em corpos proteicos que desaparecem ao longo do desenvolvimento do grão, enquanto se desenvolvem os grânulos de amido. Na última fase de maturação, ocorre a ruptura dos corpos proteicos, resultando numa matriz proteica contínua, estando nesta fase já algumas proteínas de glúten formadas (Dupont *et al.*, 2003). O processo de polimerização está relacionado com a formação de ligações dissulfureto entre as subunidades levando à formação de macromoléculas. Cerca de 40 a 50% dos polipéptidos sintetizados, principalmente a gliadina, estão presentes na forma monomérica possuindo apenas ligações dissulfureto intramoleculares. Na segunda parte do processo as subunidades de elevado peso molecular (HMW-GS) e as subunidades de baixo peso molecular (LMW-GS), são polimerizadas num processo pós-translacional com a formação de ligações dissulfureto intermoleculares formando as gluteninas (Lásztity *et al.*, 2009).

O conteúdo de proteína das massas alimentícias é importante porque influencia a qualidade funcional das massas alimentícias, dado ser necessária uma quantidade adequada de proteínas de glúten para transmitir os atributos desejáveis de resistência mecânica e elasticidade às massas alimentícias.

Na Figura 1, podemos observar a chamada matriz amiloproteica, observando-se os grânulos de amido incorporados na matriz de proteínas. A estrutura da massa tem sido descrita como uma matriz compacta com grânulos de amido ovais, com tamanho que varia entre 2-3 μ m incorporados na matriz de proteínas. O glúten forma uma estrutura fibrilar e globular na massa que circula os grânulos de amido. A glutenina é responsável pela ligação do amido à rede proteica (Aravind *et al.*, 2011). Esta coesão e integração dos grânulos de amido na rede proteica permite justificar o baixo índice glicêmico das massas alimentícias, devido ao envolvimento dos grânulos de amido pela rede proteica, que torna os grânulos de amido menos acessíveis havendo, por consequência, uma digestão mais lenta (Petitot *et al.*, 2010).

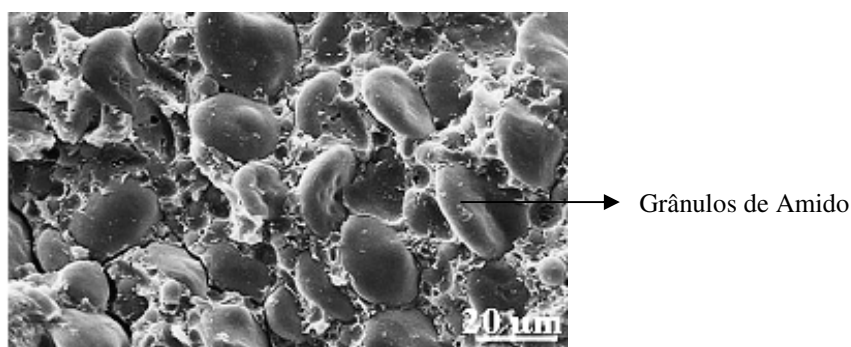


Figura 1. Imagem de SEM dos grânulos de amido na matriz proteica (Petitot *et al.*, 2009).

2.3 Enriquecimento nutricional e alterações na constituição de massas alimentícias

As massas alimentícias têm tido uma procura crescente devido às suas propriedades nutricionais, nomeadamente, por serem uma fonte rica de hidratos de carbono (74 a 77%) (Brennan *et al.*, 2004). A constituição proteica das massas alimentícias ronda os 20%. A proteína das massas alimentícias é deficitária em lisina e treonina, que são aminoácidos essenciais. Este défice é uma característica comum às proteínas da maioria dos cereais. Assim o enriquecimento das massas alimentícias com

outras matérias-primas, como proteínas, constitui uma oportunidade para colmatar esta e outras deficiências nutricionais (Petitot *et al.*, 2010).

As massas têm sido enriquecidas com vegetais, especiarias, β -caroteno, inulina, leguminosas e algas, permitindo, desta forma, uma melhoria significativa das qualidades nutricionais e do valor nutracêutico das massas (Nielsen *et al.*, 1980; Pereria *et al.*, 1999; Brennan *et al.*, 2004).

Discute-se, em seguida, a adição de alguns ingredientes às massas alimentícias, o impacto na composição e propriedades nutricionais das massas alimentícias finais e a influência na textura e comportamento na cozedura destas massas.

2.3.1 Fibras

As fibras alimentares são importantes para manter uma dieta nutricional equilibrada. As massas alimentícias apesar de serem pobres em gordura e de representarem uma boa fonte de hidratos de carbono complexos, não representam uma boa fonte de fibras alimentares, mas a adição de fibras alimentares em quantidades de 2,5 a 10% permite a redução do índice glicémico até 40%. No entanto, esta diminuição depende do tipo de fibra utilizado, sendo que a fibra de ervilha, goma de guar e de alfarroba permitiram a redução do índice glicémico em 39,2, 37,9 e 37%, respectivamente. Desta forma, a massa alimentícia enriquecida em fibra pode constituir um alimento funcional através da prevenção de certas doenças como doenças cardíacas e diabetes (Charles *et al.*, 2008).

A adição de inulina às massas alimentícias, em quantidades de 15%, influencia o índice de expansão e a firmeza, sem que afecte significativamente, a adesividade e a elasticidade das massas. A adição deste ingrediente permite, ainda, a libertação mais lenta dos açúcares durante a digestão do amido *in vitro*, levando a uma redução do índice glicémico até 15%. Contudo, a inulina é solúvel em água e durante a fase de produção das massas alimentícias absorve a água levando a uma alteração da estrutura e morfologia das massas, prejudicando a continuidade da matriz de amido e proteína, pela competição do amido e inulina pela ligação à proteína (Brennan *et al.*, 2004). Além disso, a inulina é higroscópica competindo com o amido e proteínas pela água, todos estes factores culminam em alterações a nível estrutural das massas alimentícias (Daniela *et al.*, 2009).

2.3.2 Farinha de frutos e vegetais

A incorporação de pó de casca de manga é outro exemplo de enriquecimento nutricional das massas alimentícias. O pó de casca de manga, contém um teor de 15 a 20% de fruta fresca, possuindo também fenóis e carotenóides. A sua adição permite eliminar espécies reactivas de oxigénio prevenindo, presumivelmente, certas doenças degenerativas como cancro e doenças cardiovasculares. Este pó, pode ser incorporado até 7,5 %, proporcionando um aumento do teor de fibra dietética (8,6 para 17,8%), polifenóis (0,46 para 1,80 mg/g), carotenóides (5 para 84 mg/g) e actividade antioxidante. Assim, a incorporação de pó de manga permite um aumento da qualidade nutricional e das propriedades nutraceuticas das massas sem afectar significativamente as propriedades sensoriais, de cozedura e textura (Agila *et al.*, 2010).

Normalmente as massas alimentícias, como referido anteriormente, são ricas em amido mas pobres em fibras alimentares, minerais, vitaminas e compostos fenólicos. Assim, a adição de farinha de banana verde permite melhorias na actividade antioxidante e hipoglicémica. A substituição de sêmola de trigo duro, em 45%, por farinha de banana permite aumentar o índice de hidratos de carbono não-digeríveis, amidos resistentes, polissacarídeos não-amiláceos e antioxidantes (Krishnan *et al.*, 2010). Este enriquecimento provoca a perda de alguma elasticidade das massas alimentícias, contudo, verifica-se melhorias das propriedades nutricionais (Krishnan *et al.*, 2010).

Também a adição de farinha de cenoura e orégãos até 10%, permite a formulação de massas com maior actividade antioxidante comparativamente com as massas constituídas apenas por sêmola de trigo duro, através do aumento do teor de ácido α -linolénico (Martinez *et al.*, 2008). Acrescenta-se ainda que, o enriquecimento das massas com estas farinhas permite um reforço de actividade antioxidante, superior em massas alimentícias enriquecidas em farinha de folha de orégãos, relativamente às massas enriquecidas em farinha de folha de cenoura, o mesmo se pode adiantar para o teor de compostos fenólicos nas massas descritas. Este melhoramento nutricional não torna as massas descritas inaceitáveis sensorialmente (Boroski *et al.*, 2010).

2.3.3 Leguminosas

As leguminosas são uma importante fonte de proteínas, fibras, vitaminas e minerais. No entanto, as proteínas das leguminosas, embora ricas em lisina, são relativamente pobres em aminoácidos contendo enxofre - cisteína e metionina -, e em triptofano (Torres *et al.*, 2007). Assim, o enriquecimento de massas alimentícias com 10% de farinha de tremço e farinha de grão-de-bico, apesar do incremento nutricional, pode levar a mudanças na cozedura e atributos sensoriais. A introdução destas leguminosas leva a alguma diluição do glúten e ao enfraquecimento da rede de proteica (Torres *et al.*, 2007; Wood, 2009). Em termos nutricionais, a adição de grão-de-bico em quantidades de 30% permite um aumento do teor proteico, nomeadamente lisina. Em termos de textura e comportamento na cozedura, este estudo permite concluir que, o aumento de proteína leva à diminuição da adesividade destas massas após a cozedura. A análise do conteúdo de sólidos perdidos durante a cozedura destas massas conclui que, o aumento do conteúdo de proteína diminui a perda de sólidos na cozedura, verificando-se também uma diminuição do conteúdo de amilose libertado na cozedura (Wood *et al.*, 2009).

A substituição de sêmola de trigo duro em 35% de ervilha ou feijão, apesar de um enriquecimento proteico, exige um maior nível de hidratação e maior velocidade de mistura para ser possível a extrusão da pasta formada. A ervilha possui elevado conteúdo de fibras. Sabe-se que a adição de fibras nas massas alimentícias leva à “diluição” das proteínas do glúten favorecendo a exposição do amido às enzimas digestivas (Petitot *et al.*, 2010). A cozedura das massas alimentícias enriquecidas com 35% de farinha de ervilha, leva a uma diminuição do tempo óptimo de cozedura das massas. Esta redução é acompanhada pela redução de absorção de água e uma maior perda de sólidos durante a cozedura relativamente às massas que não contêm farinha de ervilha. O aumento de absorção de água pelas massas alimentícias enriquecidas com farinha de ervilha durante a cozedura, pode ser devido à ruptura física da matriz de glúten devido à presença de fibras, facilitando assim, a entrada de água. As proteínas das leguminosas são compostas por sais solúveis de albuminas e globulinas em água. Como consequência desta “diluição” da matriz de glúten ocorre uma maior perda de sólidos durante a cozedura (Petitot *et al.*, 2010).

Gallegos-Infante *et al.* (2010), fizeram o estudo de incorporação de feijão em massas alimentícias objectivando testar o efeito da adição numa percentagem de 30% na

qualidade após cozedura e no conteúdo de compostos fenólicos. A massa modificada revelou mais perdas na cozedura, absorveu uma menor quantidade de água, e revelou-se uma massa menos firme que a massa sem feijão.

A germinação de sementes de feijão guandu (*Cajanus cajan*) durante 4 dias, a 20 °C no escuro torna possível melhorar a qualidade nutricional das sementes. A germinação provoca a redução de α -galactosídeos, ácido fítico, actividade de inibição da tripsina e um aumento da vitamina B2, C e E, bem como da capacidade antioxidante total. A introdução de farinha de sementes germinadas de feijão guandu nas massas alimentícias, permite a formulação de massas que exigem menor tempo de cozedura, absorvem uma maior quantidade de água, e revelam menores perdas de proteína durante a cozedura. As massas enriquecidas com 10% destas sementes germinadas, apresentam um maior conteúdo de proteína, gordura, fibra dietética e minerais e uma maior capacidade antioxidante que uma massa alimentícia com 100% de sêmola de trigo duro. É possível assim, aumentar a qualidade nutricional das massas alimentícias sem que as propriedades sensoriais sejam afectadas significativamente (Torres *et al.*, 2007).

Sabe-se que, a produção de massas enriquecidas com leguminosas a nível piloto só foi possível a incorporação de uma quantidade inferior a 30% devido ao aumento da adesão das partículas de massa ao extrusor e à agregação durante a mistura. Para ser possível moldar este tipo de massas deve baixar-se a quantidade de água adicionada (Wood *et al.*, 2009).

2.3.4 Algas

A adição de algas nas massas também tem sido estudada. O wakame (*Pinnaatifida undaria*) é uma alga rica em fucoxantina. A adição até 20% de wakame permite a elaboração de uma massa aceitável sensorialmente, com um sabor semelhante ao das massas sem adição de algas, permitindo um aumento da actividade antioxidante e compostos fenólicos, assim como também, uma melhoria na interacção entre o amido e as proteínas da matriz. Acrescenta-se ainda que, o processo de fabrico das massas não destrói a fucoxantina (Prabhasankar *et al.*, 2009).

Ainda em relação ao enriquecimento de massas com microalgas, a adição da adição *Chlorella vulgaris* e *Spirulina maxima* (em 0,5-2,0%) permite um aumento da

firmeza da massa, fornece uma cor atractiva e favorece o enriquecimento nutricional (Fradique *et al.*, 2010).

2.3.5 Outros ingredientes

O desenvolvimento de massas alimentícias sem glúten também tem sido investigado devido ao facto de a gliadina, uma das proteínas que constitui o glúten, ser alergénica. Desta forma, a substituição da sêmola de trigo por outras farinhas como farinha de batata-doce e farinha de arroz (Marti *et al.*, 2010) tem sido explorada.

Limroongreungrat *et al.* (2005) investigaram a possibilidade de formulação de massas com farinha de batata-doce enriquecidas com até 45% de farinha de soja e concentrado de proteína de soja. O enriquecimento das massas com farinha de soja e concentrado de proteína de soja leva a um aumento de perda de sólidos durante a cozedura e a diminuição da firmeza, da rigidez e elasticidade das massas levando, contudo, ao aumento do nível de proteína nas massas.

A formulação de massas não-convencionais sem glúten, frescas e secas com base em quinoa, milho e soja foi objecto de estudo. As massas elaboradas com milho são mais firmes que as massas com sêmola de trigo duro (Marcella *et al.*, 2011). Massas alimentícias elaboradas com 60% de trigo sarraceno, 20% de amaranto e 20% de quinoa permite a formulação de massas com textura melhorada em relação às massas com sêmola de trigo duro (Schoenlechner *et al.*, 2010).

Como referido anteriormente, o glúten tem propriedades viscoelásticas e fornece suporte para a aplicação de alguns alimentos nas massas alimentícias, assim como vegetais, outras farinhas, especiarias e aditivos alimentares. A associação do glúten à formatação de fruta também tem sido descrita através do revestimento de pedaços de fruta com glúten. O revestimento de morangos com glúten de trigo duro permite prolongar o tempo de vida das frutas e retardar o processo de senescência dos morangos (Tanada-Palmu *et al.*, 2000). Relativamente à análise sensorial verificou-se que os morangos revestidos com glúten mantêm a qualidade visual durante o seu tempo de vida e os consumidores aprovam estes frutos. Acrescenta-se ainda que, o revestimento de frutos como tomate com glúten permite a evitar a perda de humidade durante o armazenamento (Tanada-Palmu *et al.*, 2005).

O soro do leite é um subproduto da indústria de laticínios, possuindo praticamente todos os aminoácidos essenciais. A utilização de concentrado proteico de soro como ingrediente na formulação de alguns alimentos é uma forma promissora de elevar os níveis de aminoácidos essenciais nos alimentos. As massas alimentícias enriquecidas com 10% de proteínas do soro de leite são uma mais-valia nutricional. Contudo, a presença do concentrado proteico degrada a estrutura do glúten e do amido, dificultando a formatação desta massa (Prabhasankar *et al.*, 2007).

Como discutido anteriormente vários têm sido os testes realizados para a possibilidade de enriquecimento das massas alimentícias quer com leguminosas, com farinha de frutos e com outras farinhas como arroz e trigo. Este enriquecimento pode levar a alterações nas propriedades de cozedura das massas bem como na textura destas massas. Alguns estudos foram realizados no sentido de compreender como a alteração na constituição das massas leva a alterações no processo de fabrico das massas.

2.4 Processo de elaboração das massas alimentícias

Tecnicamente o processo de produção das massas alimentícias envolve, de uma forma geral, quatro etapas fundamentais:

1. hidratação da sêmola de trigo duro,
2. amassadura,
3. extrusão ou laminação e
4. corte na forma desejada.

Após estas quatro fases, a massa fresca é seca até atingir um teor de humidade por volta dos 12%. Finalmente a massa pode ser cozida formando uma matriz onde são visíveis os grânulos de amido rodeados pela rede de proteica (Dalbon *et al.*, 1996).

Na fase de mistura, de envolvimento da sêmola de trigo duro na água, pela análise da Figura 2, verifica-se que a sêmola apresenta partículas em tamanho irregular, verifica-se ser uma estrutura compacta, com poucos grânulos de amido visíveis aprisionados na matriz de proteínas (Petitot *et al.*, 2009). A quantidade de água adicionada à sêmola normalmente corresponde a cerca de 30g/100g de sêmola de trigo duro, estas quantidades dependem sempre da quantidade de água inicial da sêmola de trigo duro. Durante esta fase de mistura da sêmola com a água, podem-se formar

aglomerados de cerca de 2 cm e em algumas zonas pode não se verificar hidratação. É possível observar claramente os grânulos de amido (Dalbon *et al.*, 1996).

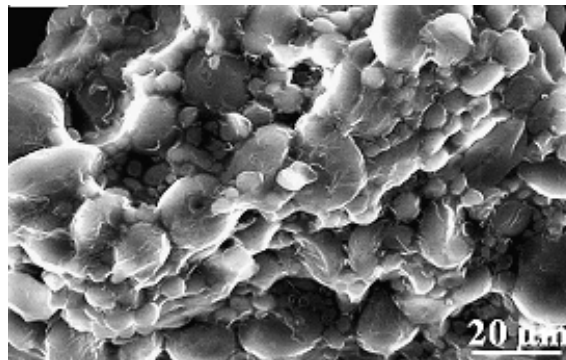


Figura 2. Imagem de SEM de uma mistura de sêmola de trigo duro com água (Petitot *et al.*, 2009).

Como referido anteriormente na abordagem ao amido, a gelatinização do amido ocorre acima de 50 ° C. Como o processo de mistura é realizado a temperaturas inferiores a 50 °C, os grânulos de amido não apresentam, nesta fase, mudanças estruturais significativas e não se observa a rede de glúten de forma clara.

A extrusão é um processo que compreende um parafuso em rotação “sem fim” que permite empurrar a massa para uma imprensa com forma definida formatando a massa no formato desejado, esta fase do processo compreende um aumento de pressão (5-10 MPa) e de temperatura a que esta matriz é exposta formando uma massa compacta.

No processo de laminação a massa é amassada, passa sobre rolos que se vão estreitando até que se atinja a espessura adequada da folha de massa. Posteriormente, a folha é cortada no formato desejado. Comparando o processo de extrusão com laminação, verifica-se que na extrusão, a energia mecânica aplicada é superior, resultando numa dissipação de energia sob a forma de calor, estas diferenças de energias aplicadas resultam em massas finais diferentes (Kruger *et al.*, 1996).

Pela análise da Figura 3, podemos observar as mudanças que ocorrem a nível estrutural nas massas após a extrusão, ou seja após aplicação de pressão e temperatura de extrusão. Verifica-se que a massa adquire uma estrutura compacta com os grânulos de amido fixados na matriz de proteínas. Verifica-se também um aumento de volume dos grânulos de amido (Petitot *et al.*, 2009).

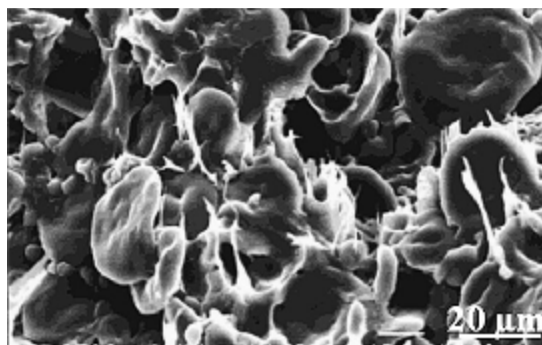


Figura 3. Imagem de SEM de uma massa fresca após processo de extrusão (adaptada de Petitot *et al.*, 2009).

Os processos de extrusão e laminação provocam alterações estruturais nas massas alimentícias. Estas alterações podem envolver mudança de cor, alteração da textura e libertação de sólidos durante a cozedura.

O processo de extrusão é realizado a temperaturas normalmente abaixo dos 60 ° C. As alterações provocadas na matriz de amido e proteínas envolvem a gelatinização do amido. Relativamente à cor, verifica-se uma intensificação da cor das massas quer durante o processo de laminação quer durante o processo de extrusão. Esta intensificação da cor é mais acentuada no processo de laminação do que no processo de extrusão (Carini *et al.*, 2009).

No que diz respeito à perda de sólidos durante a cozedura das massas, verifica-se que as massas alimentícias moldadas por extrusão libertam mais resíduos sólidos durante a cozedura do que as massas moldadas por laminação. A elevada pressão aplicada no processo de extrusão leva a quebra dos grânulos de amido havendo desintegração da estrutura e libertação durante a cozedura das massas. O processo de laminação permite a formação de uma massa com uma estrutura de amido-glúten mais estável, resultando numa menor libertação de sólidos durante a cozedura da massa. (Petitot *et al.*, 2010). Relativamente às mudanças de textura (força de ruptura e extensibilidade) durante esta fase de elaboração das massas, verifica-se que, a extrusão permite formar massas com maior extensibilidade e maior resistência à ruptura do que massas sujeitas ao processo de laminação. Isto pode ser explicado pelo facto de o stress aplicado durante o processo de extrusão favorecer a formação de uma rede de amido e glúten mais contínua do que nas condições mais amenas do processo de laminação (Carini *et al.*, 2009).

Durante a secagem as temperaturas chegam aos 70 ° C e ocorre desta forma a gelatinização do amido. Na Figura 4, pode-se mesmo observar os grânulos de amido

profundamente incorporados na matriz proteica. Ainda em relação ao amido, se a secagem for feita a temperaturas muito elevadas pode ocorrer fusão parcial do amido e ocorrer a formação de complexos entre a amilose e os lípidos (Petitot *et al.*, 2009). Relativamente à matriz proteica, durante a secagem, algumas ligações dissulfureto são rompidas mas as principais mantêm-se. As gluteninas são sensíveis a temperatura elevada. A 80° C estas proteínas formam ligações dissulfureto intermoleculares e tornam-se insolúveis em massas frescas tratadas termicamente. Em temperaturas superiores a 80 ° C as gliadinas formam ligações dissulfureto com o complexo de gluteninas. Estudos do comportamento do glúten a elevadas temperaturas concluem que as principais mudanças ocorrem quando o glúten é aquecido a temperaturas superiores a 80°C e com um conteúdo de humidade próximo de 30%. Este processo é semelhante ao que acontece com as massas durante a secagem (Weegels *et al.*, 1998).

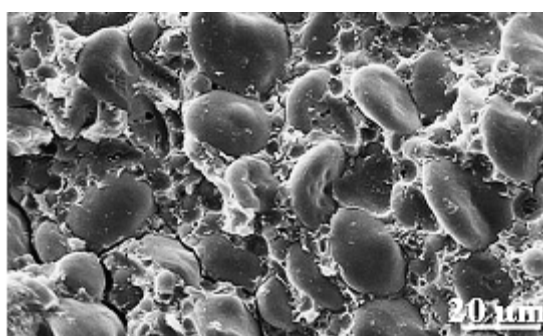


Figura 4. Imagem de SEM de uma massa seca a 85°C (Petitot *et al.*, 2009).

A etapa de secagem afecta principalmente a fracção proteica. Quanto maior for a temperatura de secagem maior o conteúdo de proteínas que não é solúvel, ocorrendo a agregação das proteínas. A nível estrutural o aumento da temperatura de secagem pode trazer benefícios através do fortalecimento da rede proteica e da protecção do amido do ataque enzimático. Contudo, pode ocorrer uma diminuição da digestibilidade das proteínas e da biodisponibilidade da lisina. Estas alterações podem estar associadas à reacção de Maillard que envolve muito particularmente um açúcar redutor e o grupo amino terminal da lisina (Acquistucci *et al.*, 2000). Acrescenta-se ainda que, a alteração da temperatura de secagem das massas alimentícias não altera o tempo de cozedura ideal das massas. As elevadas temperaturas de secagem promovem a agregação de proteína e levam à formação de uma forte rede de proteínas conectada com os grânulos de amido, impedindo a lixiviação de amilose na água de cozedura e diminuído a

adesividade das massas. O aumento da temperatura de secagem de 55°C para 90°C leva a um aumento na coesão e resistência das massas alimentícias (Petitot et al., 2010).

As principais mudanças nas massas após a cozedura são a gelatinização do amido e a coagulação de proteínas. Com a cozedura verifica-se que nos espaços livres entre os grânulos ocorre a coagulação das proteínas, havendo um reforço da rede que fixa o amido na matriz. Em seguida, ocorre a gelatinização do amido levando à ocupação dos espaços livres (Figura 5). Acrescenta-se ainda que, as mudanças estruturais nas proteínas e no amido ocorrem aproximadamente nas mesmas condições de temperatura e humidade embora as proteínas possam reagir a níveis de humidade mais baixos (Kruger *et al.*, 1996).

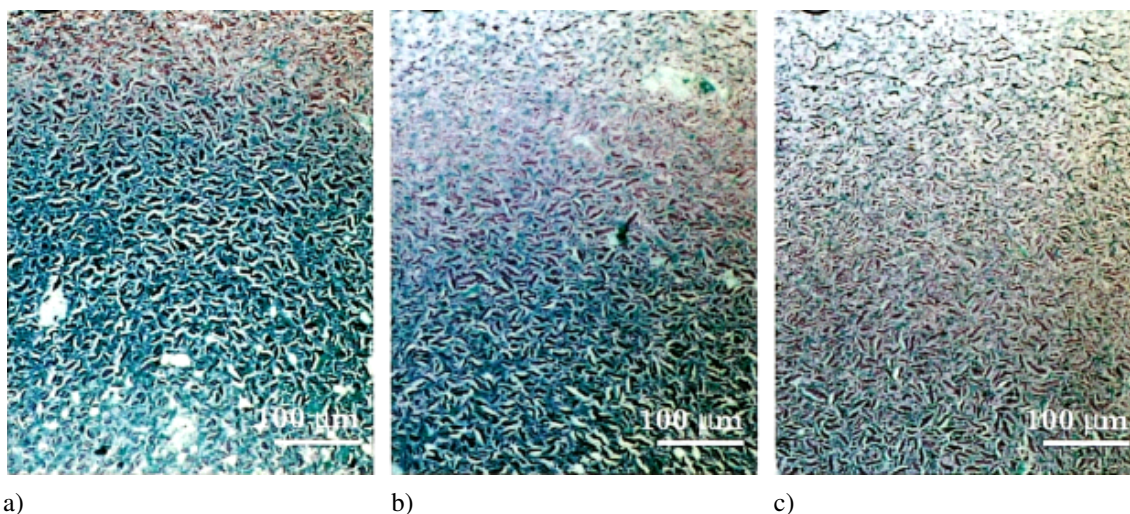


Figura 5. Imagem de massa cozida, as proteínas são coradas a verde e os grânulos de amido a azul, cozedura durante a) 5 minutos; b) 13 minutos; c) 20 minutos (adaptado de Cunin *et al.*, 1995).

O tempo de cozedura também tem influência nas propriedades das massas, após a emersão das massas durante 5 minutos em água a ferver. Verifica-se que, a rede de proteínas é homogênea e pouco porosa. À medida que aumenta o tempo de cozedura das massas, observa-se o aumento de volume dos grânulos de amido e a formação de uma rede proteica filamentosa, verificando-se interações entre a rede proteica coagulada e o amido gelatinizado. Com o aumento do tempo de cozedura, os grânulos de amido sofrem expansão radial formando discos achatados (Figura 5). Em seguida, ocorre expansão tangencial, que resulta num complexo de grânulos franzidos com lixiviação de amilose pelos grânulos de amido. As mudanças que ocorrem à superfície das massas

durante a cozedura envolvem o aparecimento de aberturas interligadas por fibrilas que compreendem as proteínas do glúten e amilose lixiviada do amido (Cuq *et al.*, 2003).

Com o aumento do tempo de cozedura das massas as mudanças no amido e na rede proteica são mais intensas (Figura 5). Analisando a coloração das massas verifica-se que a coloração azul é menos intensa no exterior do grânulo do que no interior. Em redor dos grânulos de amido observa-se a matriz de proteína coagulada, e um fluxo de amilose para o exterior dos grânulos de amido. Os grânulos de amido da parte central das massas cozidas durante 13 minutos estavam ainda corados de azul escuro indicando um baixo nível de gelatinização nesta zona das massas (Figura 5) (Cunin *et al.*, 1995).

2.4.1 Alterações bioquímicas induzidas pelo processamento

O processamento das massas provoca algum impacto nas características estruturais da mesma. A qualidade de uma massa é determinada de acordo com a capacidade de absorção de água durante a cozedura, perdas durante a cozedura, textura e propriedades de firmeza e adesividade. Uma massa com elevada qualidade de cozedura está normalmente associada a uma elevada absorção de água durante a cozedura, baixas perdas de sólidos durante a cozedura e boa textura que se caracteriza por elevada firmeza e baixa adesividade (Resmini *et al.*, 1983).

As elevadas temperaturas de secagem em condições de baixa humidade durante o processo final de secagem reflectem-se em níveis de perdas na cozedura mais baixos, uma maior firmeza e baixa adesividade superficial (Zweifel *et al.*, 2003). As elevadas temperaturas de secagem induzem a polimerização de proteínas levando à formação de uma rede que aprisiona os grânulos de amido, a formação desta rede reduz a absorção de água e previne a lixiviação do amido durante a cozedura (Zweifel *et al.*, 2003).

A polimerização das proteínas ocorre quer na etapa de elaboração das massas quer durante a cozedura das massas. A polimerização das proteínas dificulta o aumento de volume dos grânulos de amido durante a cozedura. Os níveis de adesividade estão, normalmente, associados aos níveis elevados de amido danificado. Um elevado nível de amido danificado pode levar à absorção de mais água à temperatura ambiente, fazendo com que inche mais cedo que o amido nativo. Assim, massas que apresentam maiores temperaturas de colagem, apontam para que o

aumento de volume do amido seja atrasado, provavelmente, devido a uma agregação de proteínas mais acentuada durante o processamento das massas (Bruneel *et al.*, 2010).

Outros factores, como o pH podem ter influência na elaboração das massas alimentícias. O pH pode ter influência no complexo gliadina-glutenina, influenciando desta forma as características estruturais das massas alimentícias.

O ponto isoeléctrico das gliadinas é de 6,4, enquanto o ponto isoeléctrico das gluteninas é 5,6. Acrescenta-se ainda que, o complexo gliadinas e gluteninas ocorre mais extensamente a pH 6,1 (Resmi *et al.*, 1983).

As propriedades viscoelásticas do glúten são parcialmente devido ao facto de as gliadinas e as gluteninas se aderirem devido às cargas opostas numa faixa de pH definido.

A solubilidade do glúten do trigo aumenta com a diminuição do pH, atingindo o valor mínimo de cerca de 50% a pH 6,1, em seguida a solubilidade da proteína volta a aumentar. Neste ponto, a carga global das proteínas é neutra e ocorre um maior número de ligações entre as cadeias polipeptídicas. Os valores acima e abaixo do ponto isoeléctrico, a solubilidade das proteínas aumenta resultando num aumento da carga global da proteína ionizada (Belton *et al.*, 1995).

2.5 Objectivo

O objectivo deste trabalho foi desenvolver um preparado com fruta em diferentes formatos. Pretendia-se assim formatar fruta em forma de estrelas, esferas, letras e animais. Estas formas deveriam ser estáveis ao longo do tempo e na sua aplicação final, quer em termos físicos, quer organolépticos, apresentar resistência ao processo de pasteurização, libertar o mínimo de corante e aroma para o meio envolvente e terem baixa adesividade para que não ocorra adesão entre os pedaços. Os diferentes formatos de fruta seriam estabilizados numa mistura de hidrocolóides, para que pudessem ser aplicados em lacticínios e derivados, pastelaria e gelados. Resumidamente, podem ser identificadas duas partes constituintes deste produto, a primeira parte que compreende as formas de fruta e a segunda parte que compreende a matriz de hidrocolóides que estabiliza, suporta e serve de veículo para a incorporação

em outros alimentos. O desenvolvimento das massas com elevados teores de fruta foi a primeira parte do estudo.

A segunda parte do trabalho teve como objectivo o estudo da composição nutricional e das características e das características físico-químicas das massas contendo 20, 50 e 80% de morango desidratado em comparação com uma massa sem morango adicionado. Pretendeu-se estudar a absorção de água, sólidos perdidos na cozedura, firmeza, adesividade das massas cozidas durante 1,5 e 5 minutos, bem como avaliar a cor da água de cozedura e cor superficial das massas secas.

3- MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Estratégia de desenvolvimento experimental

Quando se iniciou o projecto com o objectivo de se obter fruta em formas, muitas questões foram colocadas. Para a concretização do objectivo ponderou-se o recurso a hidrocolóides gelificantes ou, em alternativa, às propriedades viscoelásticas do glúten presente na sêmola de trigo duro, tentando incorporar fruta em massas alimentícias. A segunda alternativa foi a que marcou o início do projecto.

No seguimento das questões levantadas, fez-se uma pequena pesquisa na base de dados Innova, para se perceber se havia algum produto no mercado com fruta em formas, esta análise é apresentada em anexo (Quadro 11). Acrescenta-se ainda que se fez um levantamento de patentes nesta área, não só para perceber a possibilidade de registar a patente, como também perceber os estudos feitos na incorporação de fruta em massas alimentícias. Esta breve pesquisa de patentes e de produtos no mercado permitiu concluir que não havia registo de formatação de fruta com recurso às propriedades das massas alimentícias.

Uma vez que a literatura apontava para percentagens de incorporação de outros ingredientes de origem vegetal em percentagens não superiores a 45% da massa da sêmola (Ovando-Martinez *et al.*, 2008) e como se desconhecia o comportamento de diferentes tipos de fruta, foram efectuados ensaios preliminares para validar a possibilidade de incorporação de elevados teores de diferentes tipos de fruta.

Iniciou-se este projecto testando a quantidade de fruta que seria possível incorporar nas massas (substituindo a máxima quantidade de sêmola de trigo duro por fruta) para que, as matrizes finais tivessem sabor e textura próximas de fruta, substituiu-se assim a sêmola de trigo duro por morango desidratado.

Assim, os primeiros ensaios realizaram-se com fruta desidratada, iniciando-se com o morango. Em seguida, testaram-se outros frutos desidratados, nomeadamente alperce, kiwi e banana. Tendo em conta que existem muitos fornecedores de frutos desidratados e muitas variedades, testaram-se duas variedades de frutos. Após os testes com a fruta, testou-se também a substituição de sêmola de trigo duro por outras farinhas como farinha de trigo e farinha de arroz, tentando perceber a possibilidade de elaboração de massas para consumidores intolerantes ao glúten. Tendo em conta que os frutos desidratados constituíam matérias-primas dispendiosas, testou-se a incorporação

de concentrado de polpa de morango e concentrado de sumo de morango nas massas. Acrescenta-se aos ensaios preliminares, testes de formatação de morango desidratado numa solução de glúten, tentando moldar-se a fruta com a mínima quantidade de glúten. Estes testes foram os testes realizados na formulação das massas com elevados teores de fruta.

As formas de fruta eram destinadas à incorporação num preparado de hidrocolóides produzido pela Frulact. Desta forma, havia alguns requisitos que estas formas tinham de preencher, nomeadamente manterem o estado físico e organoléptico no preparado durante a validade do mesmo. Assim, testou-se o estado de incorporação das massas no preparado, sendo que se estudou o sabor e textura das massas secas, hidratadas ou cozidas. O desenvolvimento do preparado final envolveu o estudo da quantidade de aditivos a adicionar às massas como corantes, aromatizantes, hidrocolóides entre outros.

Este estudo é completamente inovador na área das massas alimentícias porque por um lado, não há publicações com a introdução de morango em massas alimentícias e por outro, não há registo da introdução de outros ingredientes, para além da sêmola de trigo duro, em quantidades tão elevadas como as testadas neste projecto. Outra inovação deste projecto foi a introdução de ingredientes líquidos nas massas alimentícias, para além da água. Sendo um tema novo foram necessários muitos testes preliminares para aprovação do conceito.

A avaliação de todas estas massas produzidas a partir destes testes foi feita em termos qualitativos e não em termos quantitativos dado que se trataram de testes preliminares e de aprovação do conceito, contudo estes testes ocuparam grande parte do tempo desenvolvimento do projecto. Em seguida, apresentam-se os métodos e resultados obtidos para todos os testes que se fizeram no desenvolvimento deste produto. A Figura 6 apresenta resumidamente o procedimento experimental que foi realizado, desde a produção das massas com a fruta nos diferentes estados, passando pela formulação dos preparados com massas incorporadas, até à aplicação em iogurtes, gelados e pastelaria.

Por fim, caracterizaram-se quimicamente as massas enriquecidas com 0, 20, 50 e 80% de morango desidratado e determinou-se a cor superficial destas massas secas. Analisou-se também a textura (adesividade e firmeza) das massas cozidas durante 1,5 e 5 minutos, bem como a perda de sólidos e entrada de água durante a cozedura.

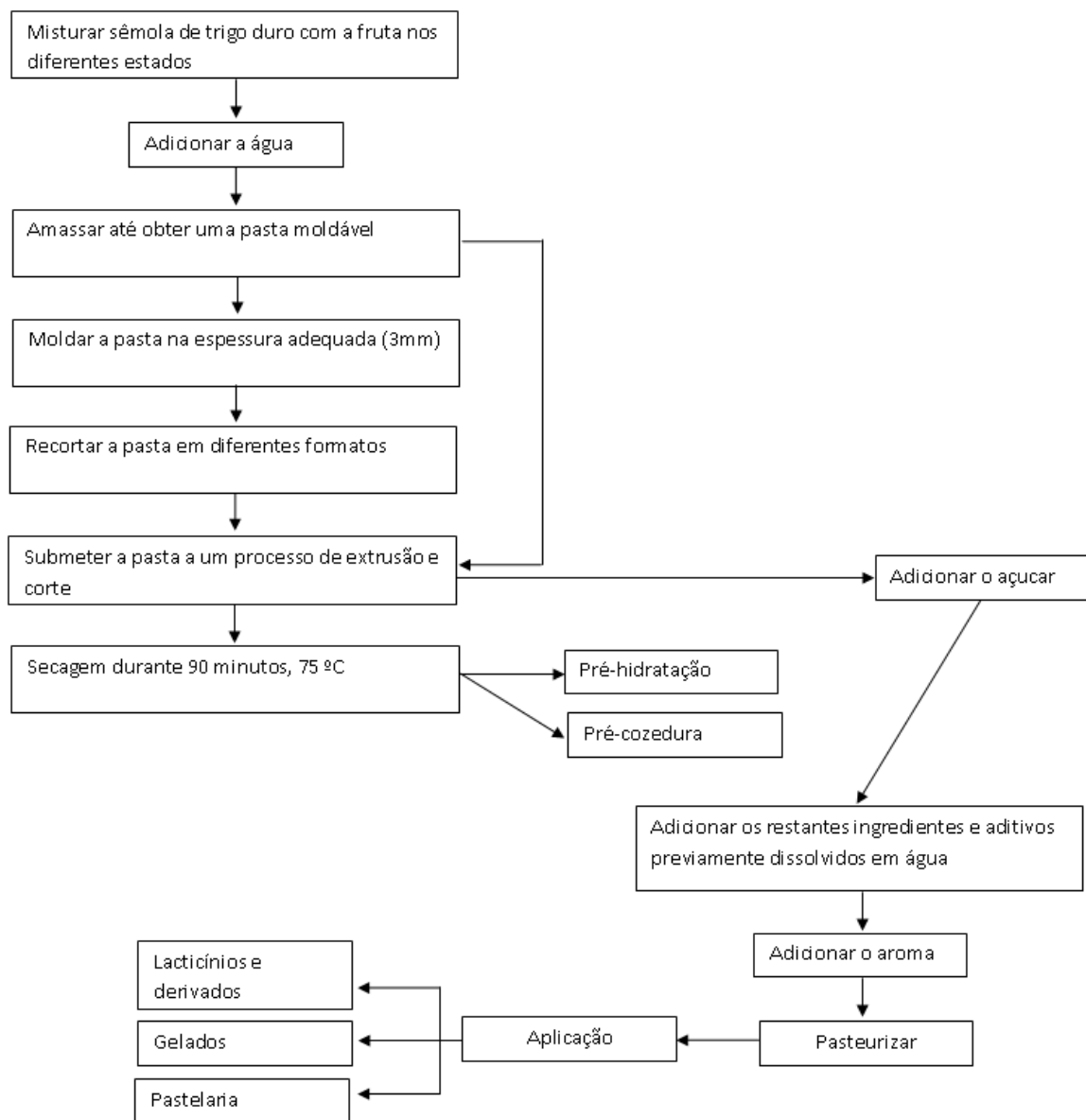


Figura 6. Esquematização do procedimento experimental.

3.2 Ensaios preliminares na formulação das massas

3.2.1 Quantidade e estado da fruta

O procedimento para a elaboração das massas alimentícias sem fruta seguiu o procedimento de Ovando-Martinez *et al.* (2009). A amostra de massa sem fruta elaborou-se pela mistura de 100 g de sêmola de trigo duro, fornecida pela empresa Cerealis, com 30 g de água destilada. Após a mistura, amassou-se a pasta manualmente até se obter uma mistura homogênea e moldou-se numa máquina Marcato Atlas 180, em folhas com 3mm de espessura. Em seguida, recortou-se a pasta em quadrados de 1 cm com recurso a uma faca de cozinha e secou-se numa estufa WTE Binder, a 75°C durante 90 minutos. Após a elaboração das massas secas, cozeram-se 50 g de massas em 150 mL de água destilada em ebulição, durante 2 minutos numa placa de aquecimento Kenwood (Ovando-Martinez *et al.*, 2009) e incorporaram-se numa matriz de hidrocolóides e outros ingredientes, do mesmo tipo das matrizes usadas nos preparados produzidos na Frulact (Quadro 2).

A integração das massas no preparado iniciou-se pela mistura das massas, cozidas e escorridas, com o açúcar. Adicionaram-se em seguida, os restantes ingredientes previamente dissolvidos em água, excepto o aromatizante. Depois pasteurizou-se o preparado e por fim, adicionou-se o aromatizante. O procedimento experimental está esquematizado na Figura 6.

O Quadro 2 ilustra um exemplo de preparado com as massas alimentícias incorporadas, produzido com as quantidades de ingredientes e aditivos utilizados nos preparados da Frulact.

Quadro 2. Exemplo de uma formulação de preparado para incorporação das massas de fruta.

Designação	Proporção (%)
Açúcar	40,000
Massas de fruta	40,000
Água fria	16,195
Amido modificado de milho (E1442)	3,400
Aroma de morango concentrado	0,090
Corante Carmin Cochonilha (E120)	0,035
Sorbato potássio granulado (E202)	0,100
Pectina (E440)	0,250

Para elaboração das massas com fruta substituiu-se a sêmola de trigo duro por fruta em diferentes quantidades. Inicialmente misturou-se 20g de morango desidratado com 80g de sêmola de trigo duro, em seguida foi-se aumentando a quantidade de morango desidratado e diminuindo a quantidade de sêmola de trigo duro, sendo a soma da quantidade final de morango desidratado e sêmola de trigo duro sempre 100g.

Misturou-se uniformemente e fez-se o mesmo procedimento de molde e secagem descrito anteriormente para as massas sem fruta.

Tentou-se substituir o máximo de sêmola possível garantindo a obtenção de uma pasta moldável, homogênea e com consistência. Este procedimento realizou-se com morango desidratado, concentrado de polpa de morango e concentrado de sumo de morango.

O morango desidratado, possuía granulometria de 0-2 mm é uma matéria-prima usada habitualmente nos preparados de fruta da Frulact e foi fornecida pela Paradiesfruch gmbh. Este morango desidratado é obtido a partir de liofilização, sendo que 1kg corresponde a 10 kg de morango fresco. O concentrado de polpa de morango tem um Brix de 45°, tendo sido fornecido pela empresa Bayernwald e corresponde a uma mistura de puré de morango com concentrado de sumo de morango. O concentrado de sumo de morango, fornecido pela Fruitraco B.V., é concentrado 9,3 vezes e tem um Brix de aproximadamente 65°. Após a elaboração das massas de fruta com o máximo teor de fruta, avaliaram-se qualitativamente as massas com morango desidratado, concentrado de polpa de morango e concentrado de sumo.

3.2.2 Frutos desidratados

Tendo por base o procedimento do ponto 3.2.1 substituiu-se o máximo de sêmola de trigo duro por fruta desidratada, testaram-se os seguintes frutos desidratados: morango, alperce, kiwi, banana e maçã. Fez-se a comparação de massas elaboradas com estes frutos e avaliou-se a quantidade de fruto desidratado que foi possível incorporar para cada fruto de cada variedade, a textura, cor e sabor das massas. Usaram-se quatro frutos diferentes e para cada fruto duas variedades diferentes. Definiram-se assim dois lotes de frutos dado que os frutos de cada “lote” têm características semelhantes.

Os frutos do lote 1 possuíam grão e apresentavam cor mais clara que os frutos do lote 2.

1º “lote” de frutos: morango desidratado (G.E. 5018303), alperce desidratado (G.E.5012203), kiwi desidratado (amostra nº 8388), banana desidratada (amostra nº 8387), maçã desidratada (amostra nº 8385). Estas amostras foram fornecidas por Obipektin e apresentavam uma granulometria entre 0,5 e 1 mm.

2º “lote” de frutos: morango desidratado (amostra nº 8389), alperce desidratado (amostra nº 8390), banana desidratada (amostra nº 8392), kiwi desidratado (amostra nº 8391). Estes frutos para além de terem uma granulometria superior (0-2mm) relativamente aos do primeiro lote, apresentavam sementes o lhes conferia um aspecto mais natural, e foram fornecidos pela empresa Paradiesfrucht gmbh.

O processo de elaboração das massas com as diferentes frutas e diferentes variedades de fruta seguiu o procedimento do ponto 3.2.1, tendo em conta o processo de amassadura, molde, corte, secagem, cozedura e incorporação no preparado.

3.2.3 Tipo e quantidade de farinha

Testaram-se 3 tipos de farinhas na constituição das massas: farinha de trigo Branca de Neve, farinha de arroz Ramazzotti e sêmola de trigo duro fornecida pela empresa Cerealís. Testou-se a quantidade máxima de morango desidratado fornecido pela Paradiesfrucht gmbh, que foi possível incorporar em cada uma das farinhas de modo a formar uma pasta moldável. Iniciou-se com a mistura de 20g de morango desidratado com 80g de sêmola de trigo duro e foi-se aumentando a quantidade de morango desidratado e diminuindo a quantidade de sêmola de trigo duro, sendo a soma da quantidade de morango desidratado e sêmola de trigo duro sempre 100g.

O procedimento foi semelhante ao procedimento do ponto 3.2.1, tendo em conta o processo de amassadura, molde, corte, secagem, cozedura e incorporação no preparado, sendo que a sêmola de trigo duro é substituída por farinha de trigo e de arroz. Avaliaram-se qualitativamente as massas com sêmola de trigo duro, farinha de trigo e farinha de arroz.

3.2.4 Teste com o glúten

Dissolveram-se glúten em pó da Mapryser numa solução de lecitina de girassol (2%), a 80°C e adicionou-se morango desidratado, testando-se a quantidade máxima de

morango desidratado Paradiesfruch gmbh, possível de incorporar. Testaram-se quantidades decrescentes de glúten, iniciou-se com uma solução de 30g de água destilada com 2% de lecitina de girassol e 10g de glúten, acrescentaram-se 90g de morango desidratado Paradiesfruch gmbh, foi-se diminuindo a quantidade de glúten e aumentando a quantidade de morango desidratado, sendo a soma da quantidade final de morango desidratado e glúten sempre 100g.

Determinou-se assim a quantidade mínima de glúten necessária para formatar o morango pó. Seguiu-se o procedimento do ponto 3.2.1, tendo em conta o processo de amassadura, molde, corte e secagem.

3.2.5 Avaliação do estado de incorporação das massas no preparado

Elaboraram-se massas com 20% de morango desidratado seguindo o procedimento do ponto 3.2.1. Testou-se a incorporação das massas no estado fresco num preparado, ou seja avançando a etapa de secagem, assim após serem moldadas e recortadas foram incorporadas no preparado. Testou-se ainda a introdução das massas pré-hidratadas ou pré-cozidas. Mergulharam-se 50 g de massa no estado seco em 100 g de água destilada a 37°C, durante 30 minutos, obtendo-se as massas hidratadas. O procedimento de pré-cozedura das massas baseou-se na cozedura de 50g de massas no estado seco em 100g de água a ferver durante 2 minutos. As massas nos diferentes estados foram incorporadas no preparado (Quadro 2).

3.3 Propriedades físico-químicas

3.3.1 Elaboração das massas secas

Misturou-se a sêmola de trigo duro da Cerealís com o morango desidratado Paradiesfruch gmbh em quantidades de 0, 20, 50 e 80% e a água destilada (30g de água por 100g de sêmola e morango), amassou-se a pasta manualmente até se obter uma mistura homogênea e moldou-se numa máquina Marcato Atlas 180 em folhas com 3mm de espessura. Em seguida, recortou-se a pasta em quadrados de 1 cm com recurso a uma faca de cozinha e secou-se numa estufa WTE Binder, a 75°C durante 90 minutos

(Ovando-Martinez *et al.*, 2009). As massas foram colocadas num exsicador com sílica gel antes da preparação.

Quando se refere a percentagem de morango desidratado presente nas massas, refere-se à percentagem de sêmola de trigo duro que é substituída por morango desidratado, ou seja uma massa de 20% de morango possui 20g de morango por cada 80g de sêmola de trigo duro.

3.3.2 Preparação da amostra

As amostras utilizadas nas análises da composição nutricional foram preparadas da seguinte forma. Cerca de 35 g de massa com 0, 20, 50 e 80% de morango, foram moídas num moinho DeLonghi, e acondicionadas em tubos de Falcon até à análise.

3.3.3 Determinação do teor de humidade

As massas foram moídas, envolvidas em areia para promover a dispersão e foram secas a $103\pm 2^{\circ}\text{C}$, numa estufa Binder, e posteriormente arrefecidas num exsicador e pesadas até peso constante numa balança Mettler Toledo AG204.

3.3.4 Determinação do teor de cinzas

As massas foram carbonizadas e incineradas a 550°C numa mufla Nabertherm e Carbonite e no final transferidas para um exsicador e pesadas numa balança Mettler Toledo AG204.

3.3.5 Determinação do teor de proteína

As massas foram digeridas em ácido sulfúrico 98% no digestor Foss tecator Digestor Auto, recorrendo-se a cobre como catalisador. Em seguida, fez-se a destilação do azoto com recolha em ácido bórico no destilador Kjeltex 8200 Auto-distillation unit.

Depois fez-se uma titulação com solução aferida de ácido clorídrico, no destilador automático SCHOTT Instruments Titroline Easy.

3.3.6 Determinação do teor de fibra (fibra insolúvel)

Pesaram-se as massas em duplicado numa balança Mettler Toledo AG 204. Em seguida, as massas foram tamponizadas e submetidas a digestão enzimática com as enzimas α -amilase, protease e amiloglucosidade, em seguida fez-se uma filtração com lavagem com álcool e acetona e secaram-se os resíduos em duplicado a 105°C numa estufa Binder. Um dos duplicados foi usado para a determinação do teor de cinza, e o outro para a determinação de proteína.

3.3.7 Determinação do teor de fibra alimentar

As massas em pó foram pesadas em duplicado numa balança Mettler Toledo AG 204. Tamponizou-se e submeteu-se a amostra a digestão enzimática com as enzimas α -amilase, protease e amiloglucosidase. Depois, fez-se uma filtração com lavagem com álcool e acetona e os resíduos foram secos a 105°C numa estufa Binder. Um dos duplicados foi usado para a determinação do teor de cinza, o outro duplicado para a determinação da fibra insolúvel. Para determinação das fibras de baixo peso molecular (fibra solúvel), o filtrado foi analisado por HPLC, num cromatografo LC 2010^a Ls (Shimadzu), utilizando uma coluna Nucleogel sugar 810 CA, Va 300/7,8, com um fluxo a 0,5 mL/min durante 40 min. A fase móvel usada foi uma solução de água destilada com Na₂CaEDTA (50mg/L). Segundo a OMS a fibra alimentar é dada pela soma dos valores de fibra solúvel e insolúvel.

3.3.8 Determinação do teor de açúcares

Para o cálculo do teor de açúcar, as massas foram submetidas à extracção dos açúcares com água. Em seguida a amostra foi filtrada e por fim lida por HPLC num cromatógrafo LC 2010 Shimadzu utilizando uma coluna carboidratos waters, com um fluxo de 1mL/min durante 30 minutos, utilizando ACN/H₂O (80:20) como fase móvel.

3.3.9 Determinação do teor de hidratos de carbono

O teor de hidratos de carbono é calculado pela diferença de 100 pelo teor de humidade, cinza, proteína, fibra alimentar (OMS) e a gordura.

3.3.10 Determinação do teor de gordura

As massas foram hidrolisadas com ácido clorídrico e em seguida extraiu-se a gordura com éter de petróleo. O solvente foi evaporado e secou-se a amostra numa estufa Binder a 103°C. Pesou-se o resíduo até peso constante numa balança Mettler Toledo AG 204.

3.3.11 Determinação do teor de amido

O teor de amido é calculado pela diferença entre o teor de hidratos de carbono e dos açúcares.

3.3.12 Análise dos compostos fenólicos totais

A concentração de compostos fenólicos foi determinada pelo método de Singleton e Rossi (1965). Os fenólicos totais foram quantificados através do espectrofotómetro UV mini 1240 (Shimadzu, Tokyo, Japan) a 750nm e o ácido gálico foi usado para preparar a curva de calibração no intervalo de concentração entre 0.015-1 g.L⁻¹. A curva de calibração é apresentada em anexo. O conteúdo em compostos fenólicos das amostras extraídas com metanol foi apresentado em mg de equivalentes de ácido gálico (GAE) por grama de biomassa fresca (mg GAE/g fw).

3.3.13 Análise das antocianinas totais

Para obter extractos de antocianinas foram adicionados 25 ml da solução de metanol acidificada (80% metanol e 5 % HCl) a 2,5 gramas de biomassa. A extracção decorreu durante 30 minutos sob agitação. Seguidamente as amostras foram sujeitas a

centrifugação durante 15 minutos a 5000 rpm. O sobrenadante foi filtrado em papel de filtro tipo 1 e os valores de absorvância foram medidos a 515 e 700 nm nos tampões cloreto de potássio (KCl) a pH 1.0 e acetato de sódio a pH 4.5. Os resultados foram expressos de acordo com a equação mencionada a seguir e convertidas a mg de pelargonidina-3-glucósido por 100 g de peso fresco que serviu de padrão.

$$A = (A_{515} - A_{700})_{\text{pH}1,0} - (A_{515} - A_{700})_{\text{pH}4,5}$$

$$c \text{ (mg/L)} = (A \times \text{peso molecular} \times \text{factor de diluição} \times 1000) / (\epsilon L)$$

O peso molecular da pelargonidina-3-glucósido é 433,0 g/mol e ϵ é 22 400 mol⁻¹.

3.3.14 Análise da actividade antioxidante

A capacidade antioxidante das massas foi analisada através do teste do ABTS (sal de diamónio (Ácido 2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazoline-6-sulfónico))), segundo o método descrito por Gião *et al.* (2007). A actividade antioxidante foi quantificada através de um espectrofotómetro UV mini 1240 (Shimadzu, Tokyo, Japan) a 734 nm e o ácido ascórbico foi usado como padrão para preparar a curva de calibração no intervalo de concentrações 0.021-0.5 g.L⁻¹. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes ácido ascórbico por grama de biomassa fresca (mg ácido ascórbico/g fw).

3.3.15 Cálculo do valor energético

O valor energético das massas com 0, 20,50 e 80% de morango desidratado foi realizado considerando os seguintes factores de conversão relativos ao valor energético (Directive 2008/100/EC, 2008):

Hidratos de carbono (excepto polióis): 4 kcal/g-17kJ/g

Proteínas: 4 kcal/g-17kJ/g

Lípidos: 9 kcal/g-37kJ/g

Fibra: 2 kcal/g-8kJ/g

3.3.16 Análise da cor superficial

Mediu-se a cor da superfície das massas constituídas por 0, 20, 50 e 80% de morango desidratado. A cor foi medida no espaço CIE L*a*b* com um colorímetro Minolta CR 400 (Konica Minolta, Tóquio, Japão) com iluminante D65 e observador a 2°. Esta análise foi realizada com 10 réplicas para cada massa com diferentes percentagens.

3.3.17 Avaliação da adesividade e firmeza

O procedimento para determinação da adesividade e firmeza das massas foi adaptado de Petitot *et al.* (2010). As massas com 0, 20, 50 e 80% de morango desidratado elaboradas como descrito no ponto 3.3.1, foram cozidas durante 1,5 e 5 minutos em água a ferver e analisou-se a adesividade e firmeza de cada massa no texturómetro, TA.XT (Stable micro systems) equipado com uma célula de carga de 5 kgf. Utilizou-se um teste de compressão com uma sonda de prato plano com 3 mm de diâmetro que comprimiu a matriz em 1mm à velocidade de 1,00 mm/sec. Foram medidas 10 réplicas de cada tratamento. Como firmeza considerou-se a força máxima para comprimir as matrizes em 1 mm e como adesividade considerou-se a força mínima negativa produzida quando a sonda era recolhida após a compressão. Os resultados foram convertidos em unidades de Newton.

3.4 Propriedades de cozedura

3.4.1 Entrada de água e perda de sólidos na cozedura

O procedimento para a quantificação da absorção de água pelas massas e perda de sólidos na cozedura foi adaptado de Ajila *et al.* (2010). Cozeram-se 20 g de massas com 0, 20, 50 e 80%, elaboradas de acordo com o ponto 3.3.1, em 200g de água destilada, numa placa de aquecimento Kenwood, durante um período de 1,5 minutos. As massas cozidas durante 1,5 e 5 minutos foram decantadas e pesadas. Foi pesado o papel de filtro Filterlab 110 mm, e filtrou-se a água de cozedura restante através de uma filtração por vácuo utilizando uma bomba de vácuo. Por fim pesou-se o papel de filtro e

fez-se a quantificação dos sólidos perdidos durante a cozedura das massas. A absorção de água nas massas foi avaliada medindo o peso de cada massa antes e depois da cozedura e calculada segundo a seguinte equação: Absorção de água (%) = ((peso massa cozida/peso massa seca)-1) x 100 (Petitot *et al.*, 2010). Relativamente à perda de sólidos durante a cozedura utilizou-se a seguinte equação: sólidos perdidos na cozedura (%) = (peso dos sólidos retidos no papel de filtro/ peso de matéria seca das massas iniciais x 100) (Petitot *et al.*, 2010). A determinação da absorção de água pelas massas e perda de sólidos na cozedura foi determinada em triplicado para cada massa.

3.4.2 Análise da cor da água de cozedura

A água restante da cozedura das massas (3.4.1) foi analisada com colorímetro ColorQuest XE (Hunter Associates Laboratory, Virgínia, USA), ligado a um computador pessoal (Pentium III, 868 MHz) equipado com o software Easymatch QC v3.84. Esta análise foi realizada em triplicado para cada água de cozedura.

3.4.3 Análise estatística

As análises foram feitas em triplicado excepto a análise de textura, que inclui a viscosidade e firmeza, e a medição da cor de superfície que foram realizadas em 10 réplicas. Os dados apresentados são a média \pm desvio-padrão. O efeito da concentração de fruta nas propriedades da massa foi avaliado através de análise de variância a um factor. Recorreu-se ao teste de Duncan para o cálculo da diferença de médias ao nível $P \leq 0,05$.

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ensaios preliminares

Os ensaios exploratórios foram concebidos para avaliar o campo das possibilidades de execução da ideia inicial e determinar de forma qualitativa eventuais restrições. Nesta fase exploratória optou-se por testar possibilidades sem efectuar medições quantitativas, seguindo-se uma estratégia de “testar muito para acertar depressa”. Assim, os resultados destas experiências preliminares são aqui apresentados de forma descritiva e qualitativa. As características apresentadas resultam da percepção de colaboradores deste projecto. Os ensaios preliminares foram importantes para testar uma plataforma de ideias, quer referentes ao tipo, quantidade e estado de fruta, tipo de farinha usado, assim como a aplicação das massas de fruta em preparado, para que fosse feito o pedido de patente nacional, que se encontra registado no INPI como pedido de Patente de Invenção Nacional n.º 105482, sendo que se encontra em fase de avaliação.

4.1.1 Quantidade e estado da fruta

A incorporação de ingredientes líquidos em massas alimentícias constituiu um desafio tecnológico e uma inovação no desenvolvimento de massas alimentícias, já que ainda não tinha sido testada a incorporação de ingredientes líquidos, nem de fruta em quantidades tão elevadas, em massas alimentícias. Nas massas elaboradas com concentrado de polpa de morango conseguiu-se a incorporação de 60% deste concentrado na matriz de sêmola. Foi possível incorporar a mesma percentagem de concentrado de sumo de morango. A incorporação de morango desidratado teve os melhores resultados pois foi possível incorporar até 80% desta matéria-prima. Substituiu-se a sêmola de trigo duro em 60% de concentrado de polpa de morango e de sumo de morango e em 80% de morango desidratado.

Quando se refere a percentagem de fruta nos diferentes estados possível de incorporar nas massas, refere-se à percentagem de sêmola de trigo duro que é substituída por fruta, ou seja, as massas em que foi possível incorporar 80% de morango desidratado são massas em que foi possível substituir 80% de sêmola de trigo duro por

morango desidratado. O mesmo raciocínio é aplicado aos testes realizados com concentrado de polpa e de sumo de morango.

Avaliando qualitativamente as massas alimentícias finais concluiu-se que, relativamente à textura, a massa que apresentou maior consistência e facilidade de ser moldada foi a massa formada com morango desidratado.

Quanto aos ensaios realizados com concentrado de polpa e de sumo de morango, verificou-se que a massa com mais consistência foi a massa formatada com concentrado de polpa de morango. A massa que teve menor qualidade em termos de consistência e habilidade para o molde foi a massa com concentrado de sumo de morango.

O morango desidratado foi o que permitiu elaborar massas com aspecto e sabor mais próximos da fruta, e aquele que permitiu a incorporação de uma maior quantidade de fruta.

A matéria-prima que obteve melhores resultados depois do morango desidratado foi o concentrado de polpa de morango. Comparando as massas com concentrado de polpa de morango e as de morango desidratado, verificou-se que o primeiro após cozedura apresenta uma textura mais esponjosa, o segundo desfez-se mais rapidamente na boca percebendo um maior sabor a fruta.

Após descrição destas características gerais apresenta-se um quadro resumo (Quadro 3) com as características das massas elaboradas com morango desidratado, concentrado de polpa de morango e concentrado de sumo de morango.

Quadro 3. Características das massas elaboradas com morango desidratado, concentrado de polpa de morango e concentrado de sumo de morango.

Fruta incorporada	Características
Morango desidratado	Possibilidade de incorporação até 80% Elevada coesão e facilidade de molde Cor e sabor próximos da fruta
Concentrado de polpa de morango	Possibilidade de incorporação até 60% Elevada coesão Cor próxima da fruta, textura próxima da goma
Concentrado de sumo de morango	Possibilidade de incorporação até 60% Baixa facilidade de molde Baixa intensidade da cor, baixa intensidade de sabor a fruta

4.1.2 Definição de diferentes frutos desidratados a incorporar

Analisando as massas elaborados com o primeiro lote de frutos desidratados verificou-se que os frutos que tiveram um melhor comportamento foram: o morango e o alperce onde foi possível incorporar até 80% destes frutos na matriz de sêmola. Relativamente à maçã só foi possível incorporar 60%. A banana e o kiwi revelaram-se mais difíceis de formatar, só sendo possível incorporar 40% destes frutos na matriz de sêmola.

Relativamente ao segundo lote de frutos, foi possível fazer incorporação de frutos desidratados até 80% na matriz de sêmola para todos os frutos. Comparativamente aos frutos anteriores, para além de ser possível a incorporação de uma maior quantidade destes frutos na matriz, verificou-se também que as massas resultantes têm um sabor mais intenso e um aspecto mais natural que os frutos do primeiro lote, contudo, apresentam também algumas desvantagens em relação ao primeiro lote, estas têm uma estrutura mais frágil pelo que se desintegram mais facilmente durante a cozedura do que as massas elaboradas com os frutos do primeiro lote, devido à libertação de algumas sementes para a água de cozedura.

Desta forma, pode concluir-se que os frutos mais adequados para a elaboração das massas foram os frutos do segundo lote por permitirem a formação de massas com um teor de fruta mais elevado, aproximando-se mais da fruta. A Figura 7 apresenta um exemplo de uma massa incorporada num preparado.



Figura 7. Imagem de uma massa com 80% de alperce do lote 2, moldada em forma de estrela e incorporada num preparado com aroma de baunilha.

4.1.3 Tipo e quantidade de farinha

Habitualmente as massas alimentícias são constituídas por sêmola de trigo duro devido ao facto de ser uma matéria-prima com elevado teor de glúten, que favorece a formatação da fruta por fornecer propriedades viscoelásticas às massas. No entanto, neste trabalho testaram-se outras farinhas como a farinha de arroz e de trigo, com o objectivo de perceber qual a quantidade de fruta possível de incorporar para formar a massa e avaliar qualitativamente as massas finais. Alguns estudos foram realizados no sentido de substituir a sêmola de trigo duro por outras farinhas como farinha de batata-doce (Limroongreungrat *et al.*, 2005), farinha de arroz (Marti *et al.*, 2010), farinhas de quinoa, milho e soja (Marcella *et al.*, 2011) e farinha de amaranto e sarraceno (Schoenlechner *et al.*, 2010). As massas elaboradas com estas farinhas não possuem glúten, ou possuem-no em quantidades mais baixas que a sêmola de trigo duro, diminuindo a alergenicidade das massas.

A elaboração de massas com farinha de trigo permitiu a incorporação de apenas 40% de morango desidratado. No caso da farinha de arroz, que só possui uma das proteínas que constituem o glúten, a glutenina, foi possível incorporar até 70% de morango desidratado. Os ensaios realizados com a sêmola de trigo duro permitiram concluir que foi possível incorporar até 80% de morango desidratado.

O teor de fruta que é possível incorporar relaciona-se com a capacidade viscoelástica da matriz, consequentemente com o teor de glúten que a matriz possui. Justifica-se assim que, a matriz formada com sêmola de trigo duro tenha maior capacidade de incorporação de fruta pois possui um teor de glúten superior às farinhas de arroz e de trigo.

A massa elaborada com farinha de trigo foi a matriz que apresentou menor consistência. Estudos recentes citam a importância do uso de farinha de arroz na constituição das massas alimentícias (Marti *et al.*, 2010). A farinha de arroz, como referido anteriormente só possui glutenina, comportou-se assim como uma matriz pouco consistente relativamente às massas com sêmola de trigo duro. Em termos químicos a glutenina possui ligações dissulfureto intra e intermoleculares, e a outra proteína que constitui o glúten é a gliadina, que possui pontes dissulfureto intramoleculares conferindo à pasta mais consistência e suporte da fruta. A ausência de gliadina traduz-se numa massa que suporta menos fruta (Troccoli *et al.*, 2000).

A gliadina é, contudo, o componente alergénico do glúten. Desta forma, o uso de farinha de arroz permitiu que a massa final possa ser consumida por intolerantes ao glúten. Um estudo recente indica que 1% da população mundial sofre de doença celíaca (Moroni *et al.*, 2010) e uma análise realizada pela empresa Innova sugere que 8% dos consumidores consomem produtos sem glúten (Innova, 2011). Desta forma é importante ter um produto dentro da mesma gama que possa ser indicado para este tipo de consumidores.

Concluiu-se que, a melhor farinha a utilizar na formulação de massas com consistência e suporte para incorporar uma maior quantidade de fruta é a sêmola de trigo duro, devido ao seu maior teor de glúten, que permite a formação de uma massa com mais consistência e suporte para a incorporação dos diferentes frutos.

A análise qualitativa da textura das três massas e perda para o meio envolvente permitiu concluir que, as massas de farinha de trigo e arroz apresentaram um forte sabor a farinha, mais intenso no caso da farinha de trigo, e ambas libertam compostos com cor para o meio envolvente, também mais intensa no caso da farinha de trigo. Estas massas possuíram maior fragilidade, desfazendo-se mais facilmente durante a cozedura do que as massas formadas com sêmola de trigo duro.

As massas elaboradas com sêmola de trigo duro apresentaram maior integridade após a cozedura, libertaram menos compostos com cor e possuíram um sabor mais próximo a fruta que as massas formadas por farinha de trigo e arroz. Apresenta-se em seguida, um quadro resumo com as características das massas elaboradas com as diferentes farinhas, sendo esta análise qualitativa (Quadro 4).

Quadro 4. Características de textura de massas com sêmola de trigo duro, farinha de arroz e farinha de trigo.

Tipo de farinha	Características
Sêmola de trigo duro	Incorporação de 80% de morango desidratado Sabor e aspecto próximos de fruta Baixa libertação de compostos de cor para o meio envolvente
Farinha de trigo	Incorporação de 60% de morango desidratado Sabor final a farinha, baixa percepção de fruta Elevada libertação de cor para o meio envolvente
Farinha de arroz	Incorporação de 70% de morango desidratado Baixa coesão e facilidade de molde Sabor e aspecto próximos de fruta

4.1.4 Teste com o glúten

O principal objectivo deste projecto foi a elaboração de uma matriz com o maior teor de fruta possível e que fosse formatável. Após alguns ensaios em que se fez substituição de sêmola de trigo por fruta, fez-se a formatação de fruta com uma solução de glúten. Após se testarem soluções com diferentes quantidades de glúten, onde foi incorporada fruta, concluiu-se que, foi possível elaborar uma matriz com 98% de morango desidratado suportado por uma solução com 2% de glúten (Figura 8). Qualitativamente verificou-se que, as matrizes formadas apresentaram-se coesas, sendo possível formatar a pasta.



Figura 8. Imagem de uma matriz de morango e glúten, moldada em forma de estrela.

4.1.5 Avaliação do estado de incorporação das massas no preparado

As massas alimentícias com elevado teor de fruta tinham como função a aplicação a um preparado semelhante aos desenvolvidos na Frulact, este preparado é aplicado posteriormente a iogurtes, gelados e pastelaria.

Após a realização de testes preliminares da constituição das massas alimentícias com fruta, fizeram-se estudos de aplicação destas massas num preparado. Estudou-se o estado de incorporação das massas no preparado, foi avaliado o comportamento e a textura das massas quando introduzidas frescas, pré-hidratadas e pré-cozidas no preparado. Esta avaliação foi qualitativa.

Relativamente às massas incorporadas no seu estado fresco, verificou-se que como não sofreram nenhum tratamento não alteraram o seu tamanho ao serem incorporadas no iogurte, assim como também não houve alteração da cor do meio

envolvente. Relativamente à textura, estas massas adoptaram uma textura gelatinosa, esponjosa e com algum sabor a farinha quando comparadas com as outras massas.

As massas secas com pré-hidratação apresentaram uma textura próxima das massas de fruta no estado fresco, ou seja, textura gelatinosa. Contudo, estas massas adquiriram uma textura muito rija no interior e frágil no exterior. A fragilidade no exterior tornou-se prejudicial dado que se pretendia que as massas mantivessem o formato e com este pré-tratamento há possibilidade de ficarem deformadas. Relativamente ao tamanho verificou-se que as massas aumentaram ligeiramente o volume durante este pré-tratamento. A cor destas massas não sofreu alterações significativas. Comparando a cor inicial (massas secas) e a cor final (massas hidratadas) concluiu-se que há uma baixa intensificação da cor vermelha nas massas. Em termos de sabor, as massas pré-hidratadas como mantinham uma textura rija no interior apresentaram um forte sabor a farinha.

Assim, a pré-hidratação das massas não foi um tratamento suficiente para se obter uma textura adequada. Acrescenta-se ainda que o sabor não é tão agradável como as outras massas (no estado fresco e pré-cozido), e não se sente sabor intenso a fruta.

Relativamente às massas pré-cozidas o tamanho aumentou ligeiramente durante a cozedura, a cor intensificou-se apresentando uma cor vermelho vivo e adquiriram sabor a morango mais intenso do que as outras massas. Concluiu-se que o melhor tratamento a utilizar na preparação das massas é a pré-cozedura porque intensificou a cor das massas tornando-as com uma cor vermelho vivo, e proporcionam um sabor mais próximo a fruta.

Para uma compreensão das características das 3 massas sujeitas aos 3 diferentes tratamentos apresenta-se o Quadro 5 que resume as características das massas sujeitas aos diferentes tratamentos.

Quadro 5. Características de textura de massas com 20% de morango incorporadas no estado fresco, sujeitas a pré-hidratação ou pré-cozedura.

Tratamento das massas	Características
Massas frescas	Baixa migração de cor e aroma para o meio envolvente Mantêm o estado físico e organoléptico durante a aplicação Textura esponjosa e gelatinosa
Massas pré-hidratadas	Textura gelatinosa, rija no interior e frágil no exterior Baixa intensificação da cor e aumento do volume Sabor e textura afastados da fruta
Massas pré-cozidas	Intensificação da cor durante a cozedura Libertação de cor e resíduos para o exterior Estabilidade na aplicação Desfazem-se rapidamente na boca - textura próxima de fruta

4.2 Composição nutricional

Os ensaios preliminares realizaram-se com o objectivo de compreender a possibilidade de elaboração das massas com fruta, assim como perceber o tipo e quantidade de fruta a incorporar nas massas, o estado das massas a incorporar no preparado final, e o tipo de farinha a usar.

Numa fase seguinte procedeu-se a uma análise específica de massas com diferentes teores de morango com 0, 20, 50 e 80% de morango. Assim, analisou-se a composição nutricional destas massas e propriedades de cozedura das massas. As propriedades de cozedura incluem a quantidade de água que as massas absorvem e perdas de sólidos na cozedura. Outros parâmetros foram analisados como a textura, que incluiu a firmeza e adesividade. Analisou-se também a cor superficial das massas secas e da água de cozedura.

Os dois constituintes maioritariamente presentes nas massas alimentícias constituídas por sêmola de trigo duro são o amido e as proteínas, as massas alimentícias contêm também elevadas quantidades de fibras, lípidos, vitaminas e minerais (Bruneel *et al.*, 2010). O Quadro 6 apresenta a composição nutricional das massas padrão e das massas enriquecidas com morango em proporção de 20,50 e 80% de morango.

Quadro 6. Conteúdo (g/100g) de fibras alimentares, humidade, cinza total, hidratos de carbono, proteína, fibra alimentar, gordura, amido, açúcares totais e valor energético de massas sem morango desidratado, 20, 50, 80 de morango desidratado e da amostra de pó de morango *per se* (100%).

Componentes	Proporção de morango (%)					P
	0	20	50	80	100	
Fibras alimentares (g/100g)	6,0±3,8 ^d	6,6±0,8 ^d	12,2±0,7 ^b	8,3±0,1 ^c	23,5±1,8 ^a	0,000
Humidade (g/100g)	22,9±0,6 ^a	18,7±3,0 ^{b,c}	16,8±0,5 ^c	19,4±2,5 ^{a,b}	11,1±1,1 ^d	0,000
Cinza total (g/100g)	0,8±0,1 ^c	1,2±0,1 ^{b,c}	2,1±0,1 ^{a,b}	1,4±0,1 ^a	2,6±1,2 ^a	0,020
Hidratos de carbono (g/100g)	58,1±3,7 ^a	59,8±4,2 ^a	55,1±1,4 ^a	57,6±2,8 ^b	49,0±1,3 ^a	0,020
Proteína (g/100g)	10,5±0,0 ^a	10,0±0,2 ^b	9,0±0,1 ^c	7,6±0,2 ^d	7,4±0,4 ^d	0,000
Fibra alimentar (OMS 2009) (g/100g)	7,3±4,0 ^d	9,1±1,2 ^d	16,0±0,7 ^b	10,8±0,2 ^c	27,8±1,7 ^a	0,000
Gordura/Lípidos (g/100g)	0,5±0,1 ^b	1,2±0,4 ^{a,b}	1,1±0,2 ^{a,b}	0,9±0,4 ^{a,b}	1,6±0,8 ^a	
Amido (g/100g)	49,5±4,5 ^a	46,6±4,4 ^a	29,0±2,3 ^b	13,0±0,9 ^c	1,5±0,6 ^d	0,000
Açúcares totais (g/100g)	8,5±0,8 ^c	12,2±0,3 ^c	26,1±2,3 ^b	34,0±1,9 ^b	44,0±5,4 ^a	0,000
ABTS mg/g seco	0,0 ^e	1,1±0,1 ^d	3,8±0,2 ^c	7,9±0,7 ^b	11,2±0,7 ^a	
Antocianinas (mg) / peso seco (g)	0,0 ^c	0,0±0,0 ^c	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^b	0,7±0,1 ^a	0,000
Polifenóis totais (g)	0,0 ^e	1,7±0,1 ^d	3,8±0,3 ^c	6,3±0,4 ^b	10,8±1,0 ^a	0,000
Valor energético por 100g (kcal/kJ)	290,5/ 1230,9	303,4/ 1284,7	290,4/ 1226,9	262,6/ 1106,1	307,4/ 1292,5	

Todos os dados são apresentados em média ± desvio-padrão de três réplicas. Os valores com letras diferentes na mesma linha diferem significativamente ($P \leq 0,05$).

Estudos realizados com o enriquecimento de massas com farinha de legumes comprovam um aumento do conteúdo de proteínas, fibra insolúvel, vitaminas (B1,B5,B6,B9) e minerais (Fe, Mg, P), nestas massas. As proteínas dos legumes são ricas em lisina e treonina (Petitot *et al.*, 2010) que são dois aminoácidos limitantes no trigo duro.

Analisando genericamente o Quadro 6, verificou-se que os constituintes maioritários das massas sem fruta são o amido (49,5g/100g) e a proteína (10,5g/100g), havendo também alguma quantidade de fibras e lípidos. O teor de humidade das massas

padrão (22,9g/100g de massa) é superior ao da literatura (9-13%) (Pacheco-Delahaye *et al.*, 2001; Ovando- Martinez *et al.*, 2009), isto deveu-se ao facto de as massas elaboradas serem submetidas a um menor tempo de secagem que as massas comerciais.

4.2.1 Proteína

O teor de proteína nas massas alimentícias é importante porque influencia a qualidade de cozedura das massas (Del Nobile *et al.*, 2005). O glúten representa a maior parte das proteínas das massas alimentícias, cerca de 80% (Schofield *et al.*, 1986).

O teor de proteína das massas alimentícias de sêmola de trigo duro encontrado na literatura é de 12,3% (Ajila *et al.*, 2008). Neste estudo o teor de proteína foi ligeiramente inferior 10,5% (Quadro 6). O teor de proteína foi significativamente diferente nas massas com 0, 20, 50 e 80%. Verificou-se uma diminuição do teor de proteína com o aumento do teor de morango até 80%, sendo que as massas com 20% de morango apresentaram 10,0g/100g de massa e as de 80% apresentaram 7,6g/100g de proteína. Esta diminuição deve-se à diminuição do glúten presente na sêmola de trigo duro com o aumento da proporção de morango, devido à diluição da matriz amiloproteica.

Não há estudos realizados com a introdução de morango nas massas alimentícias nem de outros frutos em quantidades tão elevadas.

Ovando-Martinez *et al.* (2009) relatam uma diminuição do teor proteico em massas com a adição de farinha de banana até 45%, estas massas apresentam teor proteico de 8,07%, comparativamente às massas padrão que apresentam valores de 12,53%.

Gallegos-Infante *et al.* (2010) relatam um aumento do teor de proteína com a adição de farinha de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em quantidades de 30%, o valor proteico para esta massa é de 16,68%. Petitot *et al.* (2010), num estudo de caracterização de massas enriquecidas em 35% de farinha de fava e farinha de ervilha, mostra que a introdução destas farinhas permite um aumento do teor de proteína nas massas. Estes estudos tinham como objectivo o enriquecimento proteico das massas alimentícias.

4.2.2 Amido

Analizando a variação da quantidade de amido nas massas sem morango e com 20, 50 e 80% de morango, verificou-se que não houve diferença significativa no teor de amido das massas com 20% de morango e sem morango, contudo, a partir dos 20% de morango, verificou-se uma diminuição de teor de amido nas massas. Verificou-se que as massas com 80% de morango apresentaram 4 vezes menos amido que as massas sem morango. O morango apresentou uma baixa quantidade de amido (1,5%), Quadro 6. Relativamente, às massas à base de sêmola de trigo duro, são constituídas, maioritariamente, por amido ~78%. Verificou-se assim que com a introdução de morango a quantidade de sêmola de trigo duro diminuiu, levando conseqüentemente, a uma diminuição do teor de amido.

Petitot *et al.* (2010) relata uma diminuição do teor de amido nas massas com a adição de 35% de farinha de fava e ervilha. Um estudo com o enriquecimento de massas alimentícias com 10% de farinha de cenoura e orégãos conclui que ocorre uma diminuição do teor de amido nestas massas em relação às massas padrão (Boroski *et al.*, 2011).

Com o aumento da proporção de morango nas massas verificou-se diluição da matriz de proteína e amido resultando numa diminuição do teor de amido.

4.2.3 Lípidos

Segundo a literatura, as massas alimentícias apresentam um teor de lípidos próximo de 0,8 g/100g de massa (Souci *et al.*, 2008).

O valor do teor dos lípidos das diferentes massas foi relativamente baixo (0,5-1,6 g/100g de massa), variando apenas entre a massa padrão e a massa com 100% de morango desidratado. As massas com 20, 50 e 80% de morango apresentaram valores de lípidos que não são significativamente diferentes.

Um estudo da composição nutricional de massas com 30% de farinha de ervilha e de fava, revela um aumento do teor de lípidos nestas massas relativamente às massas padrão (Goni *et al.*, 2001). A adição de farinha de banana em 45% em massas alimentícias não altera significativamente o teor de lípidos nas massas (Ovando-Martinez *et al.*, 2009). Boroski *et al.*, 2011 relata que adição de farinha de cenoura e de

orégãos em 5% permite um aumento ligeiro do teor de lípidos em relação às massas sem estas farinhas.

4.2.4 Humidade

O teor de humidade das massas finais tem influência na textura e no comportamento na cozedura das massas (Aktan *et al.*, 1992). Segundo a literatura, as massas alimentícias à base de sêmola de trigo duro possuem um teor de humidade que varia entre 9 e 13% dependendo das condições de secagem (Feillet *et al.*, 1996). Contudo, o valor de humidade da massa padrão foi de 22,9%, superior ao da literatura, este valor é explicado pelo facto de estas massas serem submetidas a temperaturas de secagem de 75°C durante 90 minutos, enquanto que em outros estudos as massas são submetidas a condições de secagem diferentes. Normalmente, as massas alimentícias são secas com tempos de secagem superiores, que variam de 2 a 18h e com temperaturas que variam entre 60 e 180°C, dependendo do teor de humidade final pretendido (Petitot *et al.*, 2009).

Pela análise do Quadro 6, verificou-se que a massa com maior teor de humidade é a massa padrão, sendo que a amostra de morango foi a que apresentou um menor teor de humidade, que representa um valor 2 vezes menor que a massa padrão. Contudo, não há diferenças significativas no teor de humidade das massas de 20% e 80% de morango e nas massas de 20% e 50% de morango, sendo que, o teor de humidade da massa com 20, 50 e 80% de morango foi, respectivamente, 18,7, 16,8 e 19,4 g/100g de massa.

Seria de esperar uma diminuição do teor de humidade com o aumento da quantidade de morango nas massas, isto porque com a substituição de sêmola de trigo duro por morango desidratado, verificou-se uma diminuição quer no teor de amido quer no teor de proteína. A maior influência sente-se na rede de glúten que é reduzida e consequentemente a água fica mais disponível sendo mais fácil a secagem, culminando num teor de humidade final menor.

Segundo Pacheco-Delahaye *et al.* (2001), a substituição de sêmola de trigo duro por farinha de banana verde, em 45%, permite uma diminuição do teor de humidade de 50% nestas massas em relação às massas sem farinha de banana. A adição de farinha de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em 30% em massas alimentícias provoca

uma diminuição do teor de humidade, contudo não se verifica diferença significativa no teor de humidade em massas com 15% desta farinha.

4.2.5 Fibras alimentares

Alguns estudos têm sido realizados no sentido de enriquecer as massas alimentícias com fibras alimentares, para o aumento das propriedades nutricionais destas massas (Brennan *et al.*, 2004).

As massas alimentícias, no geral apresentam teores de fibra solúvel próximos de 2% e de fibra insolúvel próximos de 5%, estes valores dependem do tipo de sêmola de trigo duro usada (Petitot *et al.*, 2010). Pela análise do Quadro 6, verificou-se que as massas sem morango apresentaram teores de fibra total de 7,3 g/ 100g de massa, e de fibra insolúvel de 6g/100g de massa. Estes valores são superiores aos descritos na literatura. Não se verificaram diferenças significativas nos valores de fibra total e insolúvel nas massas sem morango e com 20% de morango, sendo que estes valores foram: 7,3 e 9,1g/100g, e 6,0 e 6,6 g/100g respectivamente. Além disto, foram as massas que apresentaram menores valores de fibra total e insolúvel.

Nas massas com mais de 20% de morango verificou-se um aumento do teor de fibra total e insolúvel. Verificou-se ainda que, o valor de fibra total e insolúvel é maior em massas com 50% de morango do que em 80% de morango. O teor de fibra total e insolúvel aumentou com a adição de 80% de morango em relação às massas padrão, sendo o aumento de 7,3 para 10,8 g/100g de massa e de 6 para 8,3g/100g de massa, respectivamente.

Sabe-se que, o morango possui polifenóis em maior quantidade do que as massas padrão e a sêmola de trigo duro contém elevadas actividades das enzimas peroxidase e polifenol oxidase, que catalisa a formação de ligações cruzadas de polissacarídeos e proteínas, via ácido fenólico. Assim, o aumento de fibra dietética insolúvel com o aumento do teor de morango pode ser devido à formação de amido resistente ou à formação de ligações cruzadas entre as proteínas e os polissacarídeos que são resistentes às enzimas digestivas.

Outros estudos de caracterização de massas enriquecidas concluem que, na presença do pó de casca de manga (7,5%) ocorre um elevado aumento do conteúdo de fibra dietética total de 8,6 para 17,8% e de fibra insolúvel de 4,99 para 12,20% (Ajila

et al., 2010). Petitot *et al.* (2010), relata que massas enriquecidas com 35% de farinha de feijão e de ervilha contêm um maior teor de fibra total que as massas sem este ingrediente.

4.2.6 Antocianinas

As antocianinas são os pigmentos mais importantes nas plantas visíveis ao olho humano. Pertencentes à família de compostos fenólicos, chamados flavonóides, estes pigmentos são glicosídeos polimetoxilados e derivados polihidroxiados de fenilbenzopirílio. Estima-se que tenham sido identificadas cerca de 400 antocianinas. Contudo, apenas seis antocianinas são comuns à maior parte das plantas: gonidina, peonidina, cianidina, malvidina, petunidina e delphinidina. As antocianinas encontradas em maiores quantidades no morango são a keracina, kuromanina e peonidina (Kong *et al.*, 2003).

Analisando o Quadro 6 verifica-se que, o valor de antocianinas foi muito baixo em todas as massas (valor máximo de 0,7 mg/g peso seco). O teor de antocianinas, não foi significativamente diferente nas massas com 50% e 80% de morango, estas massas apresentam valores menores em relação às massas com 100% de morango. As massas sem morango e com 20% de morango apresentaram valores praticamente nulos de antocianinas.

Ovando-Martinez *et al.*, (2009), na avaliação do teor de polifenóis de massas com 45% de farinha de banana, conclui que se verifica um aumento de taninos condensados em relação à massa sem farinha de banana, o valor aumentou de 1,62 para 17,67 mg/100g de massa.

4.2.7 Polifenóis totais

A introdução de morango nas massas permitiu um aumento do teor de polifenóis nas massas (Quadro 6). Nas massas sem morango não foi possível quantificar o teor de polifenóis sendo que este é muito reduzido. No caso das massas com morango verificou-se um aumento de polifenóis totais à medida que aumentou a quantidade de

morango nas massas. O aumento mais significativo foi das massas com 20% de morango para as massas com 50% de morango. As massas com 80% de morango apresentaram 6,3 g de polifenóis/100g de massa, possuíram aproximadamente, 4 vezes mais polifenóis que as massas sem morango, que apresentam valores praticamente nulos de polifenóis.

Estes resultados são concordantes com alguns dados da literatura. Ajila *et al.*, (2010), relata que, a adição de 7,5% de pó de casca de manga a massas alimentícias, constituídas à base de sêmola de trigo duro permite o aumento do conteúdo de polifenóis de 3,9 vezes, em relação às massas sem pó de casca de manga.

4.2.8 Actividade antioxidante

Vários estudos têm sido feitos com o objectivo de aumentar a actividade antioxidante de alguns alimentos. Também as massas alimentícias têm sido alvo de estudo para o aumento da actividade antioxidante (Prabhasankar *et al.*, 2009). A adição de especiarias e de frutos às massas alimentícias tem sido estudada (Ovando-Martinez *et al.*, 2009, Boroski *et al.*, 2011). Sabe-se que, os frutos têm elevada capacidade antioxidante pois são ricos em compostos polifenólicos e vitaminas que eliminam radicais livres (Boroski *et al.*, 2011).

A determinação da actividade antioxidante das massas com diferentes percentagens de morango permitiu concluir que, todos os valores são significativamente diferentes (Quadro 6), verificou-se um aumento da actividade antioxidante com o aumento da percentagem de morango nas massas. As massas com 80% de morango apresentaram valores de actividade antioxidante 7,2 vezes maiores relativamente às massas com 20% de morango.

A análise da actividade antioxidante das massas alimentícias, com 45% de farinha de banana, revela um aumento da actividade antioxidante em relação à massa sem farinha de banana (Ovando-Martinez *et al.*, 2009). Acrescenta-se ainda que, a substituição de sêmola de trigo duro por cenoura e oregãos numa percentagem até 10% permite o aumento da actividade antioxidante das massas alimentícias, atingindo um valor de 282,22 mg/ 100g de massa, em massas com 10% de farinha de folha de orégãos e de cenoura (Boroski *et al.*, 2011).

A adição de morango às massas, constitui uma forma de aumentar a actividade antioxidante sem o recurso a antioxidantes sintéticos. Assim, a adição de morango desidratado não só aumenta a qualidade nutricional das massas alimentícias, como também as suas propriedades nutracêuticas.

A adição de morango às massas permitiu um aumento significativo da actividade antioxidante, polifenóis totais e antocianinas nas massas, favorecendo a composição nutricional das massas alimentícias.

4.3 Cor das massas secas

Avaliou-se a cor superficial das massas secas sem morango e com 20, 50 e 80% de morango, através da análise da luminosidade, tonalidade e croma.

A cor superficial das massas alimentícias é um factor essencial na caracterização da qualidade das massas. Os consumidores em geral preferem massas com elevada luminosidade (Debbouz *et al.*, 1995). Algumas alterações no processamento das massas levam a alterações de cor, nomeadamente o tempo de secagem, que diminui a luminosidade e o brilho das massas. Estas alterações de cor podem relacionar-se com a reacção de Maillard (Petitot *et al.*, 2010). O Quadro 7 apresenta os valores de luminosidade, tonalidade e croma da superfície das massas secas com diferentes teores de morango.

Quadro 7. Valores de luminosidade (L*), tonalidade (h°) e croma (C*) da superfície de massas secas sem morango e com 20, 50 e 80% de morango desidratado.

Proporção (%) morango	L*	h°	C*
0	66,7±0,8 ^a	87,9±0,3 ^a	19,4±0,7 ^d
20	45,6±0,6 ^b	31,5±0,1 ^b	23,3±0,3 ^a
50	25,6±0,1 ^c	23,1±0,1 ^c	19,8±0,2 ^c
80	27,3±0,2 ^d	20,8±0,1 ^d	21,9±0,3 ^b
P	0,00	0,00	0,00

Todos os dados são apresentados em média±desvio-padrão de três réplicas. Os valores com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ($P \leq 0,05$).

De acordo com a análise do Quadro 7, verifica-se que a cor das massas secas com diferentes teores de morango, é significativamente diferente ($P < 0,05$).

A medição da tonalidade, luminosidade e croma das massas elaboradas com diferentes percentagens de morango, permitiu concluir que a tonalidade das massas foi significativamente diferente para as massas com diferentes teores de morango ($P<0,05$). Analisando os valores de tonalidade das massas (h°), verificou-se que as massas padrão possuíam uma cor acastanhada e à medida que se introduziu o morango a tonalidade mudou para tons de vermelho. As massas que possuíam morango na sua constituição possuíam tons de vermelho diferentes e verificou-se uma intensificação da cor vermelha à medida que aumentou o teor de morango desidratado nas massas. A massa que apresentou cor vermelha mais intensa foi a massa com 80% de morango.

A luminosidade (L^*) das massas diminuiu à medida que se introduziu morango nas massas, as massas com 80% de morango apresentaram-se com uma luminosidade menor que as massas com 20% de morango o que está de acordo com a literatura. Esta diminuição da luminosidade com a introdução de morango pode ter acontecido devido ao aumento do teor de cinzas nestas massas.

A substituição da sêmola de trigo duro por outros ingredientes leva a uma diminuição da luminosidade das massas (Oliver *et al.*, 1993, Wood, 2009). No caso do enriquecimento de massas com farinha de legumes ocorre diminuição da luminosidade das massas, (L^*), provavelmente devido a um maior teor de cinzas contido na farinha de legumes (Oliver *et al.*, 1993). O mesmo se verifica para as massas enriquecidas em farinha de ervilha, grão-de-bico e lentilha (Wood, 2009).

Os valores de croma (C^*) foram significativamente diferentes ($P<0,05$) nas massas com diferentes teores de morango, sendo valores relativamente elevados o que significa que a cor foi saturada. Não há publicações nesta área que permitam comparar estes resultados, não há registo de introdução de morango nas quantidades demonstradas nesta dissertação.

4.4 Efeito da cozedura na textura, absorção de água, sólidos perdidos e cor da água

Após a análise química e da cor superficial das massas alimentícias, enriquecidas com diferentes teores de morango, avaliaram-se outros parâmetros. Estes parâmetros incluem o comportamento das massas quando submetidas a cozedura durante 1,5 e 5 minutos. As características avaliadas foram a absorção de água nas

massas e as perdas de sólidos para a água de cozedura. Para este estudo de caracterização das massas, também se avaliou a textura das massas, através da determinação da adesividade e firmeza das massas. Os resultados de caracterização das massas cozidas durante 1,5 e 5 minutos são apresentados no Quadro 8 e Quadro 9 respectivamente.

A qualidade das massas é expressa em termos de absorção de água por parte das massas, perda de sólidos durante a cozedura e textura após cozedura (Fillet *et al.*, 1996). A textura das massas cozidas, que inclui a firmeza e adesividade, é geralmente reconhecida como o aspecto mais importante na avaliação da qualidade das massas. A elevada qualidade das massas pode ser definida como resultado de elevada absorção de água, baixa perda de sólidos durante a cozedura e boa textura, que inclui elevada firmeza e baixa adesividade (Bruneel *et al.*, 2010).

Durante a cozedura das massas, as alterações estruturais mais relevantes são a gelatinização do amido e a coagulação das proteínas. Com a cozedura verifica-se que nos espaços livres entre os grânulos de amido ocorre a coagulação das proteínas, havendo um reforço da rede que fixa o amido na matriz. Em seguida, ocorre a gelatinização do amido levando à ocupação dos espaços livres (Cuq *et al.*, 2003).

Quadro 8. Firmeza, adesividade, absorção de água e perda de sólidos durante a cozedura de massas sem morango e com 20, 50 e 80% de morango, cozidas durante 1,5 minutos.

Proporção de morango (%)	Firmeza (N)	Adesividade (N)	Absorção de água (%)	Perda de sólidos na cozedura (%)
0	48,6±9,3 ^b	0,4±0,6 ^c	35,8±0,52 ^d	0,22±0,01 ^c
20	55,0±4,1 ^a	2,1±0,5 ^b	37,2±0,53 ^c	0,24±0,02 ^c
50	27,1±4,0 ^c	4,8±1,1 ^a	45,4±0,58 ^b	1,25±0,04 ^b
80	9,9±2,8 ^d	3,5±1,1 ^a	51,3±0,49 ^a	3,64±0,08 ^a
P	0,000	0,000	0,000	0,000

Todos os dados são apresentados em média ± desvio-padrão de três réplicas no ensaio de absorção de água e perda de sólidos na cozedura, e 10 réplicas no ensaio da firmeza e adesividade. Os valores com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ($P \leq 0,05$).

Quadro 9. Firmeza, adesividade, absorção de água e perda de sólidos durante a cozedura de massas sem morango e com 20, 50, e 80% de morango desidratado, cozidas durante 5 minutos.

Proporção de morango (%)	Firmeza (N)	Adesividade (N)	Absorção de água (%)	Perda de sólidos na cozedura (%)
0	21,0±11,1 ^b	0,6±0,1 ^a	127,7±2,8 ^a	1,8±0,0 ^d
20	35,7±12,2 ^a	2,5±0,6 ^b	106,5±5,3 ^b	6,4±0,3 ^c
50	12,1±2,5 ^c	3,1±0,8 ^b	72,0±3,7 ^c	11,5±2,5 ^b
80	2,8±3,3 ^d	0,98±0,5 ^a	69,1±4,1 ^c	18,4±3,0 ^a
<i>P</i>	0,000	0,000	0,000	0,000

Todos os dados são apresentados em média ± desvio-padrão de três réplicas no ensaio de absorção de água e perda de sólidos na cozedura, e 10 réplicas no ensaio da firmeza e adesividade. Os valores com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ($P \leq 0,05$).

4.4.1 Firmeza

Pela análise do Quadro 8 e 9 verificou-se que o aumento de concentração de morango nas massas, provocou uma diminuição da firmeza das massas quer quando estas são cozidas durante 1,5 como em 5 minutos.

Relativamente à firmeza das massas cozidas durante 1,5 minutos (Quadro 8), verificou-se que, as massas com 80% de morango registaram um valor de firmeza 5 vezes inferior ao das massas sem morango, e as massas com 50% de morango, registaram um valor de firmeza cerca de 2 vezes inferior ao das massas sem morango. Contudo, as massas com 20% de morango revelaram-se relativamente mais firmes do que as massas sem morango.

Analisando a firmeza das massas cozidas durante 5 minutos (Quadro 9), verificou-se que, as massas com 80% de morango registaram um valor de firmeza 7,5 vezes inferior ao das massas sem morango, esta perda de firmeza foi mais acentuada do que nas massas cozidas a 1,5 minutos. As massas de 50% de morango registaram um valor de firmeza cerca de 2 vezes inferior ao das massas sem morango, semelhante ao que aconteceu nas massas cozidas durante 1,5 minutos. Acrescenta-se ainda que, as massas com 20% de morango revelaram-se relativamente mais firmes do que as massas sem morango.

Assim, concluiu-se que, a adição de morango até 20% permite um aumento da firmeza, contudo, a partir desta percentagem, as massas tendem a perder firmeza. Acrescenta-se ainda que, e o aumento do tempo de cozedura provoca perda mais acentuada de firmeza nas massas. Relacionando o Quadro 8 e 9 pela comparação entre os diferentes tempos de cozedura verificou-se que, com o aumento do tempo de

cozedura as massas perdem firmeza. A firmeza das massas diminuiu, para cerca de metade, quando o tempo aumenta de 1,5 minutos para 5 minutos.

Como discutido no ponto 4.2.1, à medida que se substituiu a sêmola de trigo duro por morango desidratado, o teor de proteína diminuiu, nomeadamente o teor de glúten (Quadro 6). O glúten é responsável pela coesão e firmeza das massas, assim, a sua perda provoca diminuição da firmeza das massas.

O tempo de cozedura também é um factor importante na firmeza das massas (Wood *et al.*, 2009). Com o aumento do tempo de cozedura, ocorre degradação da matriz amiloproteica. Esta degradação deve-se à gelatinização dos grânulos de amido e desnaturação de proteínas da massa, que leva a uma desintegração estrutural das massas, resultando numa perda da firmeza (Wood *et al.*, 2009). Acrescenta-se ainda que, a gelatinização do amido é favorecida pelo aumento do tempo de cozedura devido à maior exposição dos grânulos de amido (Dexter *et al.*, 1979). Não há registo na literatura de estudos de firmeza e adesividade de massas com morango e outros ingredientes em concentrações tão elevadas como neste estudo.

Relativamente aos estudos feitos do efeito da cozedura e composição das massas na textura das massas sabe-se que, segundo Singh *et al.* (2010), os parâmetros de textura das massas estão relacionados com o conteúdo de proteína, nomeadamente o conteúdo de glúten, existindo uma forte correlação positiva entre o teor de proteína e os parâmetros de textura, dureza, coesividade e mastigabilidade. Contudo, não há relação com a proporção de glutenina e gliadina (Singh *et al.*, 2010). Os mesmos autores acrescentam que, existe uma correlação negativa entre o tempo de cozedura das massas e os parâmetros de textura, ou seja à medida que aumenta o tempo de cozedura as massas perdem firmeza e aumentam a adesividade (Singh *et al.*, 2010). Acrescenta-se ainda que, um baixo conteúdo de amilose relaciona-se com uma diminuição da firmeza das massas (Sissons *et al.*, 2005).

O aumento ligeiro de firmeza das massas com 20% de morango em relação às massas sem morango, pode atribuir-se ao maior conteúdo de fibra nas massas com morango. O enriquecimento de massas alimentícias com pó de casca de manga numa percentagem máxima de 7,5% permite que a firmeza aumente, este estudo indica que um elevado conteúdo de fibra pela incorporação do pó de casca de manga leva a um aumento da firmeza das massas (Ajila *et al.*, 2010).

No caso do enriquecimento de massas com farinha de grão-de-bico, numa percentagem de 30%, verifica-se uma diminuição da firmeza, pelo facto de a farinha de

grão-de-bico não possuir glúten e a matriz de glúten das massas ser enfraquecida culminando numa diminuição da firmeza (Wood *et al.*, 2009). Acrescenta-se ainda que, massas enriquecidas com feijão (*Phaseolus vulgaris*) em percentagens de 30% revelam diminuição da firmeza relativamente às massas sem morango (Gallegos-Infante *et al.*, 2010).

O enriquecimento de massas com 45% de concentrado de proteína de soja e farinha de soja levou a uma diminuição de firmeza das massas (Limroongreungrat *et al.*, 2007).

A temperatura a que as massas são cozidas também constitui um factor importante na avaliação da firmeza das massas. Bergman *et al.* (1994) indica que temperaturas entre os 70 e os 90°C são suficientes para provocar a desnaturação das proteínas, induzindo a formação de uma matriz de proteína - hidratos de carbono-lípidos que inibe a solubilização de parte do amido em água, diminuindo a firmeza. As massas estudadas foram cozidas em água em ebulição, o que pode justificar a diminuição da firmeza.

4.4.2 Adesividade

A adesividade é um parâmetro de textura relacionado com a gelatinização dos grânulos de amido e desnaturação das proteínas à superfície das massas (Singh *et al.*, 2010).

Analizando os valores da adesividade das massas cozidas durante 1,5 minutos (Quadro 8), verificou-se que as massas com 20% de morango apresentaram um valor de adesividade 5 vezes maior que as massas sem morango. As massas com 50% de morango apresentaram um valor de adesividade 12 vezes maior do que as massas sem morango. Acrescenta-se ainda que, não se verificou diferença significativa no valor de adesividade das massas com 50% e 80% de morango.

Relativamente aos valores da adesividade das massas cozidas durante 5 minutos (Quadro 9), verificou-se que as massas com 20% de morango revelaram um valor de adesividade cerca de 4 vezes superior ao das massas sem morango. Não houve diferença significativa dos valores de adesividade das massas com 20 e 50% de morango. Acrescenta-se ainda que, ocorreu diminuição da adesividade nas massas com 50% e 20% de morango para as massas com 80% de morango.

O aumento da adesividade com o aumento do teor de morango deve estar relacionado com a desestruturação da rede amiloproteica pela gelatinização do amido, isto porque, a adesividade está relacionada com o conteúdo de amilose que é libertado dos grânulos de amido durante a cozedura, sendo que quanto maior a quantidade de amilose lixiviada para a água de cozedura maior é a adesividade das massas (Nobile *et al.*, 2005). Além disto, uma diminuição no conteúdo de proteína leva a um aumento da adesividade. No caso das massas padrão, a rede amiloproteica apresentou-se mais coesa, o teor de proteína era maior, porque não estava presente o morango, neste caso também não havia tanta exposição dos grânulos de amido e a adesividade foi menor.

A diminuição de adesividade das massas de 50% de morango para as massas com 80%, cozidas durante 5 minutos, deveu-se à degradação excessiva da matriz e à baixa quantidade de proteína e amido, assim como de amilose lixiviada, demasiado baixa, culminando numa diminuição da adesividade.

Não há estudos de caracterização de massas enriquecidas com morango e em quantidades tão elevadas como neste estudo. Contudo, outros estudos da adesividade de massas com outros ingredientes acrescentados demonstram que, massas enriquecidas com farinha de grão-de-bico diminuem a adesividade com um maior conteúdo de proteína e menor conteúdo de amilose (Wood *et al.*, 2009).

Relativamente à influência do tempo de cozedura na adesividade das massas, não se verificou influência no tempo de cozedura na adesividade das massas. Segundo Cunin *et al.*, (1995) e Perovic, (2000), quanto maior for o tempo de cozedura das massas maior a gelatinização do amido culminando num aumento da adesividade.

4.4.3 Sólidos perdidos na cozedura

O conteúdo de perdas durante a cozedura das massas é definido como o conteúdo de sólidos retidos a partir da filtração da água de cozedura das massas (Ajila *et al.*, 2010). Ainda não há consenso relativamente ao conceito de perdas na cozedura, alguns autores associam estas perdas às propriedades do amido, outros à qualidade das proteínas (Bately *et al.*, 2000). A medição do conteúdo de sólidos perdidos na cozedura é um importante parâmetro na avaliação da qualidade das massas. Durante a cozedura, as massas podem libertar para a água partes solúveis de amido e outros componentes solúveis que incluem polissacarídeos não-amiláceos. Como resultado dessa libertação a

água fica mais turva e espessa. Quando o tempo de cozedura é demasiado elevado e a estrutura da massa pouco coesa podem ser libertados fragmentos de massa para a água de cozedura (Ajila *et al.*, 2010).

Relativamente ao tempo de cozedura de 1,5 minutos (Quadro 8), a perda de sólidos na cozedura não foi significativamente diferente nas massas sem morango e com 20% de morango. As perdas durante a cozedura aumentaram nas massas com 50% e com 80% de morango relativamente às massas sem morango. As massas com 50% de morango revelaram perdas 5 vezes maiores que as massas com 20% de morango e as de 80% revelaram perdas 3 vezes maiores que as massas 50%.

Analisando a quantidade de sólidos perdidos na cozedura de massas durante 5 minutos (Quadro 9), verificou-se um aumento das perdas durante a cozedura com o aumento de teor de morango nas massas. À medida que o tempo de cozedura aumentou, aumentaram também as perdas.

Estudos anteriores revelaram um aumento de perdas durante a cozedura de massas pela incorporação de aditivos nas massas alimentícias (Rayas-Duarte *et al.*, 1996). A adição de farinha de soja (Taha, 1992), farelo de trigo (Sozer *et al.*, 2007), farinha de banana (Ovando –Martinez *et al.*, 2009) indicaram um aumento de perdas de sólidos com o aumento do tempo de cozedura, o mesmo se verificou neste trabalho, com o aumento do tempo de cozedura as perdas são maiores (Quadro 8 e 9).

A presença de morango nas massas levou a um aumento de perdas durante a cozedura devido à disrupção da matriz amiloproteica pela presença de fibra (Ajila *et al.*, 2010).

Alguns estudos têm sido feitos para estudo das perdas durante a cozedura das massas e sugerem que, quanto maior o teor de amilose nas massas, maiores são as perdas durante a cozedura (Matsuo *et al.*, 1992). Contudo, um estudo de enriquecimento de massas com farinha de ervilha até 30%, permitiu concluir que com o aumento do teor de farinha de ervilha, as perdas durante a cozedura diminuíram levando a concluir que as perdas não estão directamente associadas ao teor de amilose (Wood, 2009).

Acrescenta-se ainda que, o aumento do teor de morango levou à diminuição do teor de amido nas massas, resultando numa desprotecção dos grânulos de amido e a libertação mais intensa de amilose. Sissons *et al.*, (2005) encontrou uma associação entre as perdas durante a cozedura e o conteúdo de proteína, os resultados destes estudos sugerem que ocorre diminuição das perdas na cozedura com o aumento da proteína e polissacarídeos não-amiláceos da massa, concluindo-se assim que a matriz

proteína e polissacarídeo das massas que envolve o amido e os polissacarídeos não-amiláceos, podem ser responsáveis pela retenção da amilose durante a cozedura das massas. Sabe-se que, as proteínas do trigo duro são maioritariamente constituídas por gluteninas e gliadinas, que formam ligações dissulfureto intra e inter- moleculares durante o processamento, levando assim a formação de uma rede tridimensional de glúten responsável pela textura do glúten, a adição de outros ingredientes às massas leva a uma quebra da estrutura do glúten e à perda de mais sólidos durante a cozedura (Singh *et al.*, 2010). Pela análise química das massas (Quadro 6) concluiu-se que com o aumento do teor de morango, o teor de proteína nas massas diminuiu, podendo ser explicado assim o aumento do teor de perdas durante a cozedura (Quadro 8 e 9).

4.4.4 Absorção de água pela massa

Durante a cozedura das massas os grânulos de amido absorvem água e incham, resultando num aumento do peso da massa cozida (Tan *et al.*, 2008).

Verificou-se um aumento da absorção de água à medida que aumenta a quantidade de morango nas massas, embora seja um aumento ligeiro, o aumento de peso na massa padrão quando cozida durante 1,5 minutos foi de 35,75% enquanto que o aumento de peso na massa com 80% de morango, nas mesmas condições, foi de 51,33% (Quadro 8 e 9) o que contraria as observações da literatura.

Um estudo de enriquecimento de massas alimentícias com pó de casca de manga em quantidades de 7,5% revela que com o aumento da quantidade de pó de casca de manga é inversamente proporcional ao aumento de peso das massas durante a cozedura (Ajila *et al.*, 2010). Contrariamente, um estudo realizado com massas alimentícias enriquecidas com 35% de pó de ervilha, relata que ocorre aumento de entrada de água relativamente às massas sem pó de ervilha, devido à disrupção física da matriz de glúten facilitada pelo aumento de fibras que facilita a penetração de água para o interior das massas (Petitot *et al.*, 2010).

Contudo, nas massas cozidas durante 5 minutos, à medida que aumenta o teor de morango nas massas verifica-se uma diminuição na quantidade de água que entra nas massas até à percentagem de 50%. Acrescenta-se ainda que, não se verificaram diferenças significativas na absorção de água nas massas com 50% e 80% de morango. Verificou-se um efeito cinético, com o aumento do tempo de cozedura as massas

aumentaram a quantidade de água que absorvem mas atingem um ponto de saturação nas massas que possuem morango. Assim, as massas padrão absorvem continuamente água à medida que aumenta o tempo de cozedura, contudo nas massas com morango ocorre saturação e mesmo que aumente o tempo de cozedura não há aumento da quantidade de água que absorvem a partir de certo ponto.

Uma forma de aumentar a firmeza, diminuir a adesividade e as perdas de sólidos durante a cozedura, seria submeter as massas a temperaturas de secagem superiores, assim como também a tempos de secagem superiores (Petitot *et al.*, 2009). Estas melhorias nas características das massas são resultado de modificações estruturais nas massas, nomeadamente o aumento de volume e gelatinização dos grânulos de amido e a desnaturação das proteínas que pode ocorrer dependendo das condições de secagem a que as massas são sujeitas. Desta forma, um aumento da temperatura de secagem das massas poderia levar à formação de uma estrutura mais coesa, os grânulos de amido completamente rodeados pela matriz de proteínas (Cunin *et al.*, 1995).

Outro factor importante para a melhoria da qualidade destas massas é o processo de extrusão. No processo de extrusão a pasta é sujeita a uma pressão de 5-10MPa, esta pressão permite compactar a estrutura e torná-la mais coesa (Kruger *et al.*, 1996), estas massas se sujeitas a um processo de extrusão, nas condições referidas anteriormente, teriam uma estrutura mais compacta, com maior firmeza, menor adesividade e menores perdas na cozedura.

4.4.5 Análise da cor da água de cozedura

Após a avaliação do comportamento das massas com diferentes teores de morango na cozedura, nomeadamente a quantidade de água absorvida, perda de sólidos na cozedura, firmeza e adesividade, estudou-se a cor da água de cozedura das massas sem morango e com 20, 50 e 80% de morango. A análise da cor da água de cozedura foi feita através da medição da luminosidade (L^*), tonalidade (h°) e croma (C^*) da água de cozedura de massas cozidas durante 1,5 e 5 minutos. Os resultados são apresentados no (Quadro 10).

Quadro 10. Luminosidade (L*), tonalidade (h°) e croma (C*) da água de cozedura

Tempo de cozedura	1,5 minutos			5 minutos		
Proporção de Morango (%)	L*	h°	C*	L*	h°	C*
0	28,6±0,2 ^d	48,4±0,7 ^a	1,4±0,1 ^a	25,2±0,0 ^c	276,8±1,1 ^a	1,0±0,0 ^d
20	30,1±1,0 ^b	32,7±4,4 ^c	2,1±0,2 ^a	28,9±0,1 ^a	34,6±0,9 ^c	1,5±0,0 ^c
50	31,1±0,1 ^a	34,8±7,1 ^b	3,2±0,5 ^a	25,9±0,1 ^b	27,3±0,3 ^d	3,8±0,2 ^b
80	29,6±0,9 ^c	34,5±0,8 ^b	9,8±0,6 ^a	25,0±0,0 ^d	260,0±0,2 ^b	5,2±0,6 ^a
P	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Todos os dados são apresentados em média±desvio-padrão de três réplicas. Os valores com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ($P \leq 0,05$).

Na água de cozedura das massas cozidas durante 1,5 minutos, verificou-se que os valores da luminosidade foram significativamente diferentes nas massas com diferentes teores de morango. A luminosidade (L*) diminuiu com o aumento do teor de morango nas massas a partir dos 20% de morango. Como discutido no ponto 4.4 3, com o aumento do teor de morango nas massas, verificaram-se, maiores perdas na cozedura, tornando a água mais turva e diminuindo, conseqüentemente, a luminosidade da água de cozedura.

Relativamente aos valores da tonalidade (h°), verificou-se que a água de cozedura das massas com morango apresentou uma coloração avermelhada, sendo que não houve diferença significativa entre a cor da água de cozedura das massas com 50% e 80% de morango.

Os valores de croma (C*) da água de cozedura das massas cozidas durante 1,5 minutos, foram significativamente diferentes, verificou-se um aumento dos valores de croma à medida que aumentou a quantidade de morango, significando uma maior intensificação da cor. Com o aumento do tempo de cozedura, ocorreu intensificação da cor da água de cozedura.

A mesma análise pode ser feita para a água de cozedura das massas cozidas durante 5 minutos (Quadro 10). A luminosidade diminuiu com a adição de morango às massas. A tonalidade da água de cozedura das massas de morango após a cozedura, apresentou-se avermelhada e verificou-se uma intensificação da cor vermelha da água de cozedura à medida que aumentou a quantidade de morango nas massas (aumento do valor de croma).

4.5 Teste industrial

O teste industrial das massas foi realizado nas instalações da empresa Cerealis, com concentrado de polpa de morango, produzindo-se cerca de 200 kg de massa de morango. O teste industrial compreende as seguintes etapas: inicialmente misturou-se a sêmola de trigo duro com o morango, posteriormente a água. O concentrado de polpa de morango foi bombeado em quantidades de 800 kg/hora, a sêmola de trigo duro foi bombeada a 1000 kg/hora. Desta forma, prevê-se que a taxa de incorporação de concentrado de polpa de morango tenha rondado os 45%, sendo que o mínimo de água utilizado no teste terá sido 15%. O tempo de duração do teste foi de 15 minutos. Após a amassadura a mistura foi extrudida através de um molde de “massinhas” com formato de estrela a uma pressão de 50 bar. O teste industrial de produção de massas com concentrado de polpa de morango permitiu confirmar a possibilidade de industrialização do produto e permitiu testar a adição de ingredientes líquidos às massas alimentícias.

5- CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS

Tendo em conta os resultados apresentados anteriormente, podemos desenvolver uma massa com 80% de morango desidratado ou com 60% de concentrado de polpa de fruta, tendo a possibilidade também de desenvolver uma matriz com um maior teor de fruta, através da formatação da fruta numa solução de glúten. Os testes físico-químicos às massas com diferentes teores de morango permitiram concluir que, que com o aumento do teor de morango ocorre uma perda das propriedades de textura das massas, aumento da adesividade e diminuição da firmeza. Verificou-se também um aumento de perdas na cozedura e de entrada de água nas massas. Com o aumento do teor de morango nas massas, verificou-se intensificação da cor vermelha das massas secas e da água de cozedura.

No futuro, na continuação deste trabalho serão feitos testes de avaliação química e físico-química das massas de diferentes frutos, diferentes variedades de frutos, bem como de massas com concentrados de polpa, entre outros, para tornar o estudo mais abrangente e conclusivo e confirmar a análise qualitativa dos testes preliminares.

Pelo sucesso do teste de industrialização abrem-se portas a novos desafios, como a substituição do glúten por outra proteína que tenha também propriedades viscoelásticas e que permita formatar fruta, tais como, concentrado de soro de leite, concentrado de proteína de soja, lisozima da clara de ovo, glutenina, entre outras. Outro campo de exploração deste produto, será fazer mais testes do comportamento das massas durante a cozedura, testando diferentes tempos de cozedura, tentar diminuir as perdas durante a cozedura, assim como, estudar o impacto da temperatura de secagem na cor das massas, nomeadamente o estudo das reacções de Maillard que possam ocorrer nas massas. Outro ponto a estudar será a análise sensorial das massas, explorar formas de aumentar a percepção a fruta, assim como eventualmente, enriquecer com um maior teor de antioxidantes, fibra dietética ou outros aditivos funcionais.

Por fim, espera-se no futuro fazer o desenvolvimento e comercialização do produto.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aalami, M., Leelavathi, K., Prasada, U. J. S. (2007). Spaghetti making potential of Indian durum wheat species in relation to their protein, yellow pigment and enzyme contents. *Food Chemistry*, 100, 1243-1248.
- Acquistucci, R. (2000). Influence of Maillard reaction on protein modification and colour development in pasta. Comparison of different drying conditions. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie*, 33, 48-52.
- Agila, C. M., Aalami, M., Leelavathi, K., Prasada, U.J.S. (2010). Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11, 219-224.
- Aravind, N., Sissons, M., Fellows, C. (2011). Can variation in durum wheat past protein and starch composition affect in vitro starch hydrolysis? *Food Chemistry*, 124, 816-821.
- Bately, I. L., Curtir, B. M. (2000). The effects on the pasting viscosity of starch and flour of different operating conditions for the Rapid Visco Analyser. *Cereal Chemistry*, 76, 335-340.
- Beleggia, R., Platani, C., Spano, G., Monteleone, M., Cattivelli, L. (2009). Metabolic profiling and analysis of volatile composition of durum wheat semolina and pasta. *Journal of Cereal Science*, 49, 301-309.
- Belton, P. R., Colquhoun, I. J., Grant, A., Wellner, N., Field, J. M., Shewry, P. R. (1995). FTIR and NMR Studies on the hydration of a high-Mr subunit of glutenin. *International Journal of Biological Macromolecules*, 17, 74-80.
- Bergman, C., Gualberto, D., Weber, C. (1994). Development of high-temperature dried soft wheat macaroni supplemented with cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). Cooking quality, colour and sensory evaluation. *Cereal Chemistry*, 71, 523-527.

Boroski, M., Aguiar, A. C., Boeing, J. S., Rotta, E. M., Wibby, C. L., Bonafé, E. G., Souza, N. E., Visentainer, J.V. (2010). Enhancement of pasta antioxidant activity with oregano and carrot leaf. *Food Chemistry*, 125, 696-700.

Brennan, C. S., Kuri, V., Tudorica, C. M. (2004). Inulin-enriched pasta: Effects on textural properties and starch degradation. *Food Chemistry*, 86, 189–193.

Bruneel, C., Pareyt, B., Brijs, K., Delcour, J.A. (2010). The impact of the protein network on the pasting and cooking properties of dry pasta products. *Food Chemistry*, 120, 371-378.

Carini, E., Vittadini, E., Curti, E., Antoniazzi, F. (2009). Effects of different shaping modes on properties physic-chemical properties and water status of fresh pasta. *Journal of Food Engineering*, 93, 400-406.

Cunin, C., Handschin, S., Walther, P., Escher, F. (1995). Structural changes of starch during cooking of durum pasta. *Lebensm.-Wiss.u-technology*, 28, 323-328.

Cuq, B., Abecasis, J., Guilbert, S. (2003). State diagrams to help describe wheat bread processing. *International Journal of Food Science and Technology*, 38, 759-766.

Dalbon, G., Grivon, D., Pagani, M. A. (1996). Pasta: continuous manufacturing process. In J. E.Kruger, R. R. Matsuo, & J. W. Dick (Eds.). *Pasta and Noodle Technology*, 13-58. St Paul, MN, USA: American Asscociation of Cereal Chemists.

Daniela, M., Emanuela, F., Antonio, S., Carmen, N., Luigi, D. B. Antonio, M. (2009). The influence of inulin addition on the wheat pasta. *International Journal of Food Science e Technology*, 44, 2218-2224.

Debbouz, A., Pitz, W. J., Moore, W. R., Dappolonia, B. L.(1995). Effects of bleaching on durum-wheat and spaghetti quality. *Cereal Chemistry*, 72, 128-131.

Del Nobile, M. A., Baiano, A., Conte, A., Mocci, G. (2005). Influence of protein content on spaghetti coking quality. *Journal of Cereal Science*, 41, 347-356.

Dupont, F. M., Altenbach, S. B. (2003). Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. *Journal Cereal Science*, 38, 133-146.

Feillet, P., Dexter, J. E. (1996). Quality requirements of durum wheat for semolina milling and pasta production. In J.E.M. kruger, R.B. Matsuo, J.W.Dick (Eds). *Pasta and noodle technology*, 95-131. St. Paul, MN:American Association of Cereal Chemists.

Fradique, M., Nunes, M. C., Gouveia, L., Bandarra, N. M., Raymundo, A. (2010). Incorporation of *Chlorella vulgaris* and *Spirulina maxima* biomass in pasta products. Part 1: Preparation and evaluation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90, 1656-1664.

Fuad, T., Prabhasankar, P. (2010). Role of Ingredients in Pasta Product Quality: A review on Recent Developments. *Food Science and Nutrition*, 50, 787-798.

Jun, L. M., Feng, M., Zhang, M., Pu, F. (2008). Distribution and metabolism of ascorbic acid in apple fruits. *Plant Science*, 174, 606-612.

Gião, S. M., González-Sanjósé, M. L., Rivero-Pérez, M. D., Pereira, C. I., Pintado, M. E., Malcata, X. (2007). Infusions of Portuguese Medicinal Plants: Dependence of Final Antioxidant Capacity and Phenolic Content on Extraction Features. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 2638-2647.

Goni, I., Valentín-Gamazo, C. (2003). Chickpea flour ingredient slows glycemic response to pasta in healthy volunteers. *Food Chemistry*, 81, 511-515.

Grizotto, R. K., Bruns, R. E., Aguirre, J. M., Menezes, H. C. (2007). Technological aspects for restructuring concentrated pineapple pulp. *Food Science and Technology*, 40, 759-765.

Kokini, K. L., Lai, L. S., Chedid, L. (1992). Effect of starch structure on starch rheological properties. *Food Technology*, 6, 124–139.

Kong, J., Chia, L., Goh, N., Chia, T., Brouillard, R. (2003). Analysis and biological activities of antocyanins. *Phytochemistry*, 64, 923-933.

Krishnan, M., Prabhasankar, P. (2010). Studies on pasting, microstructure, sensory and nutritional profile of pasta influenced by sprouted finger millet (*eleucina coracana*) and green banana (*musa paradisiaca*) flours. *Journal of Texture Studies*, 41, 825-841.

Kruger, J. E., Matsuo, R. B., Dick, J. W. (1996). Pasta and noodle technology. St Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists.

Laurier, D., Guiguet, M., Chau, N. P., Wells, J. A., Valleron, A. J. (1992). Prevalence of obesity: a comparative survey in France, the United Kingdom and the United States. *International Journal of Obesity*, 16, 565-572.

Limroongreungrat, K., Huang, Y. (2007). Pasta products made from sweet potato fortified with soy protein. *Food Science and Technology*, 40, 200-206.

Mancini, F., Mchugh, T. H. (2000). Fruit-alginate interactions in novel restructured products. *Nahrung-Food*, 44, 152-157.

Marcella, M., Stefania, C., Mariapia L., Valentina, C., Del Nobile M. A. (2011). *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 1201-1208.

Marti, A., Seetharaman, K., Pagani, M. A. (2010). Rice-based pasta: A comparison between conventional pasta-making and extrusion-cooking. *Journal of Cereal Science*, 52, 404-409.

Matsuo, R. R., Malcolmson, L. I., Edwards, N. M., Dexter, J. E. (1992). A colorimetric method for estimating spaghetti cooking losses. *Cereal Chemistry*, 69, 27-29.

Petitot M., Abecassis J., Micard, V. (2009). Structuring of pasta components during on starch and protein digestibility and allergenicity. *Food Science and Technology*, 20, 521-532.

Mejiri, M., Rogé, B., BenSouissi, A., Michels, F., Mathlouthi, M.(2005). Effects of some additives on wheat gluten solubility: A structural approach. *Food Chemistry*, 92, 7-15.

Moroni, A. V., Lametti, S., Bonomi, F., Arendt, E. K., Dal Bello, I. (2010). Solubility of proteins from non-gluten cereals: A comparative study on combinations of solubility agents. *Food Chemistry*, 121, 1285-1230.

Nielsen, M. A., Summer, A. K., Whalley, L. L. (1980). Fortification of macaroni with pea flours and air classified pea protein concentrates. *Cereal Chemistry*, 57, 203–206.

Nobile, M. A., Baiano, A., Conte, A., Mocci, G. (2005). Influence of protein content on spaghetti cooking quality. *Journal Cereal Science*, 41, 347-356.

Oliver, J. R., Blackeney, A. B., Allen, H. M. (1993). The color of flour streams as related to ash and pigments contents. *Journal of Cereal Science*, 17, 169-182.

Ovando-Martinez, M., Sáyago-Ayerdib, S., Agama-Acevedo, E., Goñib, I., Luis, A. Bello-Pérez. (2008). Unripe banana flour as an ingredient to increase the undigestible carbohydrates of pasta. *Food Chemistry*, 113, 121-126.

Pereria, M. R., Amaya-Farfan, J., Rodriguez-Amaya, D. (1999). Carotene content of Brazilian fortified macaroni. *Food Chemistry*, 10, 81–85.

Petitot, M., Boyer, L., Minier, C., Micard, V. (2010). Fortification of pasta with split pea and faba bean flours : Pasta processing and quality evaluation. *Food Research International*, 43, 634-641.

Petitot, M., Barron, C., Morel, M. H., Micard, V. (2010). Impact of legume flour addition on pasta structure: consequences on its in vitro starch digestibility. *Food Biophysics*, 5, 284-299.

Phillips, R. D., Finley, J. W. (1989). Protein quality and the effects of processing. Marcel Dekker Inc.: New York, 345

Prabhasankar, P., Ganesan, P., Bhaskar, N., Hirose, A., Stephen, N., Gowda, L.R., Hosokawa, M., Miyashita, K. (2009). Edible Japanese seaweed, wakame (*Undaria pinnatifida*) as an ingredient in pasta: Chemical, functional and structural evaluation. *Food Chemistry*, 115, 501-508.

Prabhasankar, P., Rajiv, J., Indrani, D., Venkateswara, R. G. (2007). Influence of whey protein concentrate, additives, their combinations on the quality and microstructure of vermicelli made from Indian T. Durum wheat variety. *Journal of Food Engineering*, 80, 1239–1245.

Rayas-Duarte, P., Mock, C. M., Satterlee, L. D. (1996). Quality of spaghetti containing buck wheat, amaranth and lupin flours. *Cereal Chemistry*, 73, 381-387.

Resmi, P., Pagani, M. A. (1983). Ultra structure studies of pasta: A review. *Food Microstructure*, 2, 1-12.

Scherer, R., Godoy, H. T. (2009). Antioxidant activity (AAI) by the 2,2-diphenyl-1-picrylthydrazyl method. *Food Chemistry*, 112, 654-658.

Shewry, P. R., Halford, N. G., Belton, P. S., Tatham, A. S. (2002). The structure and properties of gluten: an elastic protein from wheat grain. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 357, 133-142.

Schieberge, P. (1990). The role of free amino acids present in yeast as precursors of dorants 2-acetyl-1-pyrroline and 2-acetyltetrahydropyridine in wheat bread crust, *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und –Forschung*, 191, 206-209.

Schoenlechner, R., Drausinger, J., Ottenschlaeger, V. (2010). Functional properties of gluten-free pasta produced from Amaranth, Quinoa and Buckwheat. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65, 339-349.

Schofield, J. D. (1986). Flour proteins: structure and functionality in baked products. In J. M. V. Blanshard, P. J. Frazier, T. Galliard (Eds.), *Chemistry and physics of baking* (14-29). UK: The Royal Society of Chemistry.

Singh, S., Singh, N. (2010). Effect of debranning on the physic-chemical, cooking, pasting and textural properties of common and durum wheat varieties. *Food Research International*, 43, 2277-2283.

Song, Y. I., Zheng, Q. (2007). Dynamic rheological properties of wheat flour dough and proteins. *Food Science e Technology*, 18, 132-138.

Souci, S. W., Fachmann, W., Kraut, H. (2008). *Food Composition and Nutrition Tables*. MedPharm Scientific Publishers 7^{ed}.

Sozer, A., Dalgic, A. C., Kaya, A. (2007). Thermal, textural and cooking properties of spaghetti enriched with resistant starch. *Journal of Food Engineering*, 81, 476-484.

Taha, S. A. (1992). Biochemical, rheological, cooking quality and acceptability on defatted soy-supplemented whole durum meal noodles. *Acta alimentaria*, 21, 229-238.

Tanada-Palmu, P. S., Helén, H., Hyvonen, L. (2000) Preparation, properties and applications of wheat gluten edible films. *Agriculture Food Science Finland*, 9, 23-35.

Tanada-Palmu, P. S., Grosso, C. R. (2005). Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Postharvest Biology and Technology*, 36, 199-208.

Torres, A., Frias, J., Granito, M. Vidal-Valverde, C. (2007). Germinated *Cajanus cajan* seeds as ingredients in pasta products: Chemical, biological and sensory evaluation. *Food Chemistry*, 101, 202-211.

Torres, A., Frias, J., Granito, M., Guerra, M., Vidal-Valverde, C. (2007). Chemical, biological and sensory evaluation of pasta products supplemented with alphagalactoside-free lupin flours. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 74–81.

Troccoli, A., Borrelli, G. M., De Vita P., Fares, C. (2000). Durum Wheat Quality: A Multidisciplinary Concept. *Journal of cereal Science*, 32, 99-113.

Weegels, P. L., Hamer, R. J. (1998). Temperature induced changes of wheat products. In R. J. Hamer, R. C. Hoseney (Eds.), *Interactions: The key to cereal quality* (95-130). Saint Paul, MN: American Association of Cereal Chemists.

Wood, J. A. (2009). Texture, processing and organoleptic properties of chickpea fortified spaghetti with insights to the underlying mechanisms of traditional durum pasta quality. *Journal of Cereal Science*, 49, 128–133.

Patente nacional n.º 103529 Esferas à base de frutas e/ou vegetais e preparado contendo as referidas esferas para aplicação na indústria alimentar.

Patente nacional n.º 104978 Fruta desidratada apresentada em formas para consumo humano.

Patente nacional n.º 104449 Fruta fresca em barra, respectivo processo de produção e dispositivo correspondente.

Commission Directive 2008/100/EC of 28 October 2008 amending Council Directive 90/496/EEC on nutrition labeling for foodstuffs as regards recommended daily allowances, energy conversion factors and definitions. *Official Journal of the European Union*, 285, 9-12.

7- ANEXOS

7.1 Análise de produtos análogos no mercado

Uma breve pesquisa no *innova database* sugere que não há nenhum produto no mercado que possa ser concorrente, citam-se produtos com o mesmo posicionamento de mercado e alguns produtos que podem ser análogos do produto desenvolvido (Quadro 11).

Quadro 11. Pesquisa do *innova database*, produtos análogos .

Produto	Descrição
	yoplait no topo é um iogurte com cereais revestidos com chocolate, trata-se de um produto do Israel da Tnuva.
	Queijo com pedaços de morango da marca Alpina Bom yurt é um produto Australiano da Jaycroix cheese Pty.
	Nestle chamyto é um iogurte com cereais em diferentes formas revestidos é um produto da Nestlé.
	yummi by yummi, trata-se de uma geleia de fruta em forma de urso é um produto Alemão da Tri Aix D.



Swizzels Matlow Mini Jelly Love Hearts trata-se geleia de fruta formatada em forma de coração de aproximadamente 21 mm com cobertura de açúcar, produto Inglês da Swizzels Matlow.

Sobremesa gelada *Ehrmann Grand* é constituída por sêmola 75%, 20% de canela e 5% de canela, disposta em embalagem tricompartimentada. Trata-se de um produto Alemão da Ehrmann.

Os produtos que foram apresentados anteriormente têm o mesmo posicionamento de mercado que o produto em desenvolvimento, dois dos produtos têm embalagem bicompartimentada, os iogurtes em embalagem bicompartimentada têm grande aceitação no mercado e o lançamento destes produtos tem aumentado (Figura 7).

As massas de fruta oferecem melhorias tecnológicas em relação aos produtos análogos pois as formas de fruta mantêm o estado físico e organoléptico no interior do iogurte, queijo ou gelado durante o período de validade do mesmo, desta forma oferece vantagens em relação aos produtos análogos do mercado.

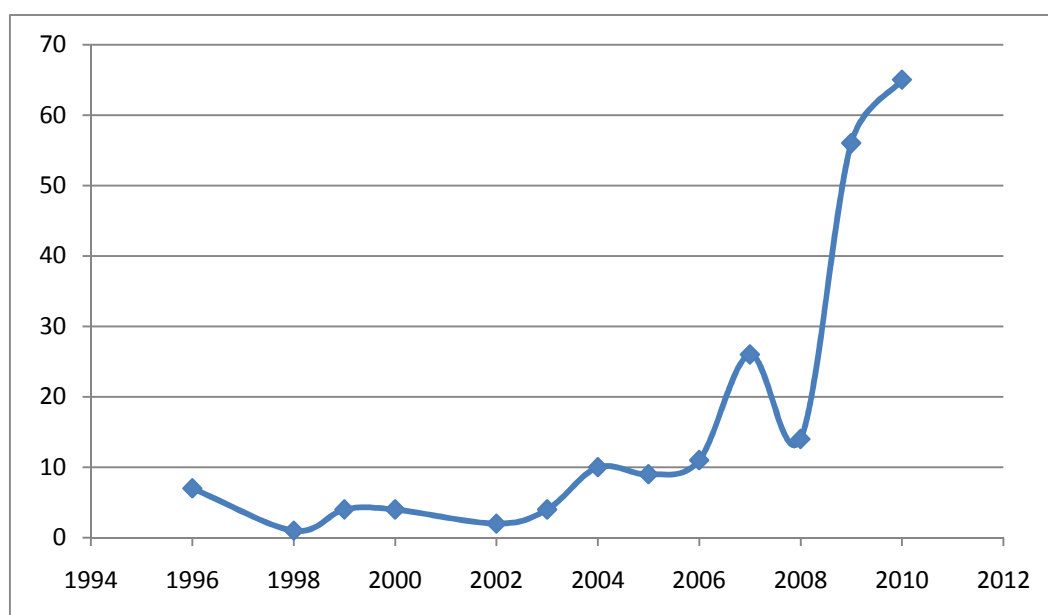


Figura 9. Número de iogurtes em embalagem bicompartimentada lançados desde 1996 (innova database).

Também os iogurtes com pedaços de fruta podem ser considerados os produtos substitutos deste. Segundo uma estatística do *innova database*, o consumo de iogurtes com pedaços de fruta tem tido grande aceitação e o número de iogurtes lançados com este conceito tem crescido desde 1996 até à data.

Já há alguns produtos patenteados com o mesmo conceito. A própria Frulact detêm uma patente de esferas à base de frutas e/ou vegetais e preparado contendo as esferas para aplicação na indústria alimentar, esta invenção refere-se a esferas com diâmetro entre 2 e 5 mm constituídas por uma matriz de hidrocolóides, fruta e/ou vegetais (Pat.Nac.103529); acrescenta-se ainda uma outra tentativa de patente relacionada com o produto que pretendemos desenvolver, trata-se do desenvolvimento de fruta desidratada em formas (Pat. Nac.104978). Também foi objecto de protecção por patente, uma barra de fruta fresca com recurso à goma de alfarroba, para a formatação de fruta (Pat.Nac.104449).

7.2 Curva de calibração para análise de compostos fenólicos totais e actividade antioxidante

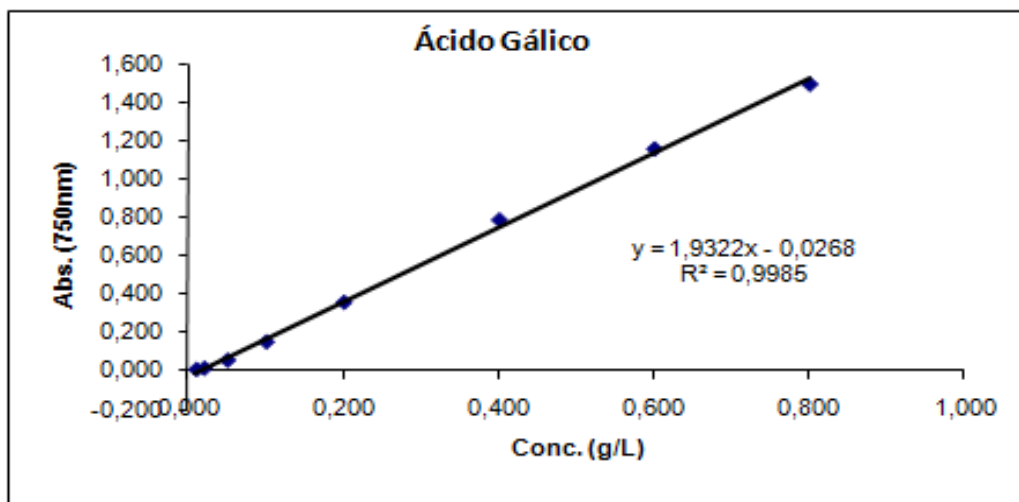


Figura 10. Curva de calibração utilizando o ácido gálico para determinação do teor de compostos fenólicos totais.

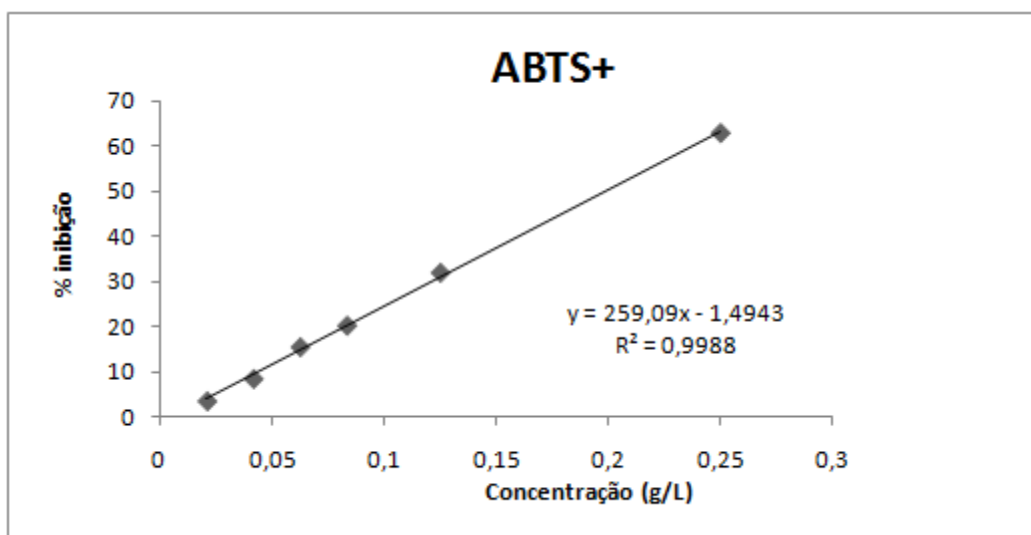


Figura 11. Curva de calibração para análise da actividade antioxidante.